This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

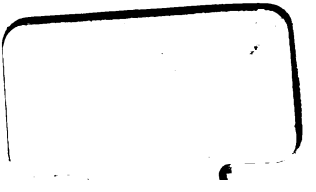
À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

GODFREY LOWELL CABOT SCIENCE LIBRARY
of the Harvard College Library

This book is
FRAGILE
and circulates only with permission.
Please handle with care
and consult a staff member
before photocopying.

Thanks for your help in preserving
Harvard's library collections.



THÉORIE
DES MACHINES
MUES PAR LA FORCE
DE LA VAPEUR DE L'EAU.

ORIE
ACHINES
R LA FORCE
EUR DE L'EAU.

iporté le Prix proposé par
riale des Sciences de Saint-
ur l'année 1783;

DE MAILLARD,
tenant au Corps Impérial &
Royal du Génie.

NNE & à STRASBOURG,
Frères GAY, Imprimeurs-Libraires.
A PARIS,
GUILLOT,
A. JOMBERT,
EX. JOMBERT,
} Libraires, rue Dauphine.

M. DCC. LXXXIV.

THÉORIE
DES MACHINES

MUES PAR LA FORCE

DE LA VAPEUR DE L'EAU.

Ouvrage qui a remporté le Prix proposé par l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg pour l'année 1783;

PAR M. *DE MAILLARD*,

Capitaine-Lieutenant au Corps Impérial & Royal du Génie.

A VIENNE & à STRASBOURG,
Chez les Frères GAY, Imprimeurs-Libraires.

A PARIS,
Chez { L. CELLOT, CH. A. JOMBERT, ALEX. JOMBERT, } Libraires, rue Dauphine.

M. DCC. LXXXIV.

Eng 2697.84

HARVARD COLLEGE LIBRARY
DEGRAND FUND
Apr. 17, 1924

PRÉFACE.

LORSQUE que j'envoyai ce Mémoire à l'Académie, je n'y joignis aucune deſcription de la Machine à feu, parce qu'elle n'en avoit point demandé; en outre, ſachant que l'Académie étoit pourvue d'une Bibliothèque, qu'ainſi Meſſieurs les Commiſſaires nommés pour l'examen des Mémoires envoyés au concours auroient certainement ſous la main l'Architecture hydraulique de Belidor, où ſont toutes les Figures néceſſaires à l'intelligence de la Machine à feu de Savery que j'avois choiſie pour y appliquer cette théorie, je me diſpenſai d'envoyer aucune des figures auxquelles mes raiſonnemens pouvoient ſe rapporter; je me contentai de les indiquer & de me ſervir des mêmes lettres que Belidor, n'ayant mis dans mon Mémoire que les trois figures 7, 8 & 9 de la Planche première.

Mais m'étant réſolu de le faire imprimer,

pour ſatisfaire aux demandes de ceux qui s'intéreſſent au ſuccès de ces Machines, j'ai cru indiſpenſable de faire précéder cette Théorie d'une deſcription complette de la Machine à feu ci-deſſus, & d'y ajouter tous les plans néceſſaires & à cette deſcription & à la Théorie de cette machine, tant afin de mettre ceux qui ne la connoiſſent point au fait de ſon méchaniſme primitif, que pour épargner à ceux qui n'ont pas Bélidor la peine de ſe le procurer. Comme les perſonnes trop peu verſées dans les mathématiques pour ſaiſir l'étendue des principes que nous établiſſons, pourroient croire que, n'ayant décrit que la Machine de Savery, ces principes ne peuvent ſe rapporter qu'à cette ſeule machine; pour les détromper & mettre la généralité de ces principes dans tout ſon jour, nous finiſſons par en donner une application aux machines à feu modernes.

THÉORIE
DES MACHINES
MUES PAR LA FORCE
DE LA VAPEUR DE L'EAU.

PREMIÈRE PARTIE.

Deſcription de la Machine à Feu.

SEMBLABLE à l'animal en qui le premier mouvement que lui a imprimé l'Auteur de la Nature ſe conſerve à l'aide d'une chaleur conſtante, & dont le cœur aſpirant & refoulant alternativement le ſang, entretient la circulation & la vie dans toutes les parties de l'individu, la Machine à feu, dès que le conducteur l'a miſe en action, continue, à l'aide du feu, ſes mouvemens ſans interruption; par le

THÉORIE
DES MACHINES
MUES PAR LA FORCE
DE LA VAPEUR DE L'EAU.

THÉORIE
DES MACHINES

MUES PAR LA FORCE

DE LA VAPEUR DE L'EAU.

Ouvrage qui a remporté le Prix proposé par l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Pétersbourg pour l'année 1783;

PAR M. *DE MAILLARD*,

Capitaine-Lieutenant au Corps Impérial & Royal du Génie.

A VIENNE & à STRASBOURG,
Chez les Frères GAY, Imprimeurs-Libraires.

A PARIS,
Chez { L. CELLOT, CH. A. JOMBERT, ALEX. JOMBERT, } Libraires, rue Dauphine.

M. DCC. LXXXIV.

Si ſuppoſée infinie par rapport à celle qui eſt dans le tube, l'eau qui eſt montée dans la boule en occupoit toute la capacité, le volume de la goutte réduite en vapeur ſeroit à ſon volume primitif comme 15625—1, ou 15624 eſt à 1; car deux ſphères étant entr'elles comme les cubes de leurs diamètres, de l'eſpace occupé par la vapeur, il faut retrancher celui occupé par la goutte dans ſon état primitif, pour avoir le rapport des deux volumes dont on vient de parler.

Pl. I, Fig. I. De ceci il ſuit que, ſi au deſſus d'un cylindre creux A B D C, garni d'un piſton mobile P, on fait bouillir de l'eau dans une chaudière V I Y T, ouverte en *m n*, la vapeur de cette eau, paſſant par l'ouverture *m n*, forcera le piſton de monter malgré ſon poids & la preſſion de l'atmoſphère qui agit ſur lui; que ſi, lorſque ce piſton eſt arrivé au point le plus haut où l'on veut qu'il monte, l'on condenſe la vapeur en la refroidiſſant par une injection d'eau froide introduite dans le cylindre au moyen d'un robinet R ou autrement, il ſe fera, dans l'eſpace que la vapeur occupoit, un vuide au moyen duquel la preſſion de l'atmoſphère qui agit ſur la ſurface ſupérieure du piſton avec toute la force de la colonne d'air, qui a pour hauteur celle de tout l'atmoſphère & pour baſe cette ſurface du piſton, forcera celui-ci à deſcendre.

Continuant le même jeu, le piſton montera & deſcendra alternativement.

C'eſt dans cette action alternative de la vapeur de l'eau & de la preſſion de l'atmoſphère, lorſque cette vapeur eſt anéantie, que conſiſte tout le méchaniſme des machines à feu.

Ceci bien entendu, paſſons à la deſcription de cette machine.

Elle eſt repréſentée en perſpective dans la Figure 2; en plan dans la Figure 3; en profil dans celle 10, & enfin en entier avec ſa tour dans la Figure 11; les autres figures ſont relatives aux détails.

La tige X du piſton P & la couliſſe verticale FG ſont ſuſpendues par des chaînes au bras A d'un grand levier dont l'autre bras B fait jouer des pompes; l'une L aſpirante, à pluſieurs étages, s'il le faut, ſervant à puiſer de l'eau à une profondeur quelconque; l'autre K foulante, ſervant à élever celle néceſſaire pour les injections, par un tuyau *b b* qui la porte dans un baſſin *i*, d'où elle ſe rend dans la cuvette d'injection M. Pl. II, Fig. 2.

Ce levier AB eſt appuyé ſur deux tourillons E autour deſquels il ſe balance, ce qui le fait nommer *balancier*; les jantes canelées C, H, I, D ſont faites en arc de cercle, dont le centre eſt celui des tourillons, afin que dans le mouve-

ment du balancier les tiges des piſtons reſtent verticales.

Outre la chaudière, le cylindre, le piſton & le balancier qui ſont les principales pièces de la machine, il y a encore un grand nombre de tuyaux, de robinets, de ſoupapes, de leviers, & pluſieurs baſſins qui concourent à ſon jeu. On expliquera ſucceſſivement leurs uſages particuliers.

Pl. I, fig. 2 & 10. Au fond du cylindre H eſt adapté un tuyau KZ nommé *le collet*, ouvert par les deux bouts; le ſupérieur K déborde un peu par en haut le fond du cylindre, pour empêcher l'eau injectée de paſſer dans la chaudière; l'inférieur Z en pénètre le chapiteau V Z T.

Ce tuyau ſert à faire paſſer la vapeur de la chaudière dans le cylindre. Une plaque de cuivre circulaire, horiſontale, nommée *régulateur*, portant une queue mobile autour d'un axe vertical, s'applique exactement contre la baſe inférieure Z du collet; elle en ouvre & ferme alternativement l'entrée, en tournant autour de ſon axe.

Quand la vapeur a élevé le piſton à la hauteur où l'on veut qu'il monte, on le fait deſcendre en fermant le régulateur, & injectant auſſi-tôt après dans le cylindre de l'eau froide qui vient de la cuvette d'injection M par un

tuyau Q M 3′ qu'on nomme *tuyau d'injection.* Ce tuyau eſt garni d'un robinet R qu'on appelle *robinet d'injection*; en tournant ſur ſon axe, tantôt dans un ſens, tantôt dans un autre, ce robinet arrête ou laiſſe paſſer l'eau.

Dans ce dernier cas, elle jaillit de bas en haut par l'ajutage 3′, & va frapper la baſe inférieure du piſton, ce qui, la faiſant retomber en pluie, condenſe la vapeur, & donne lieu à la preſſion de l'atmoſphère de faire deſcendre le piſton.

Comme le mouvement ſe perpétue dans la machine par cette action alternative du régulateur & du robinet d'injection, il eſt eſſentiel de la bien comprendre.

Les Figures 4, 5, 6 qui ſont deſſinées ſur une plus grande échelle montrent le jeu du régulateur & des pièces qui le conduiſent. Fig. 4.

Dans la Fig. 4, *aaaa* repréſente un anneau de fer horiſontal placé au dedans du chapiteau de la chaudière, auquel il eſt ſuſpendu par quatre montans verticaux déſignés par les lettres *a*, *a*, *a*, *a*.

Le cercle b, b repréſente la baſe inférieure du collet.

Le cercle *d*, *d* eſt le régulateur; il eſt tout d'une pièce avec ſon manche *m m*, ce manche eſt traverſé quarrément par un axe vertical *e* qui le fait tourner, & fait décrire au centre *o* du

régulateur l'arc *c o* pour ouvrir, & celui *o c* pour fermer l'orifice du collet.

D E eſt un reſſort deſtiné à preſſer le régulateur contre l'orifice du collet.

Fig. 5. Dans la Figure 5, qui eſt un profil élevé ſur le diamètre *d d*, perpendiculairement à *c o*; MN eſt le profil d'une partie du chapiteau de la chaudière; K eſt celui du collet; *d t b* eſt le régulateur; A'E l'anneau dont nous avons parlé; A'N, E M les montans qui le ſoutiennent; A B C le reſſort contre lequel le bouton *t* du régulateur s'appuie en allant de A vers B lorſqu'il ſe ferme.

Fig. 6. Dans la Figure 6, qui eſt une élévation faite ſur *e o* perpendiculairement à *d d*, on voit l'axe vertical *x y* qui fait mouvoir le régulateur. Le pivot inférieur de cet axe joue dans l'anneau *a a a a* (Fig. 4).

Le bout *e* du manche du régulateur eſt lié par une clavette L à l'axe *x y* qui dans ſa partie ſupérieure *e x* eſt bien rond, & joue exactement dans un canon *f g* adapté au chapiteau de l'alembic. Enfin le bout ſupérieur *x* de l'axe *x y* reçoit une clef *i* (Fig. 2 & 3) par le moyen de laquelle le régulateur eſt mû.

Connoiſſant la conſtruction du régulateur, voyons maintenant comment ſes mouvemens & ceux du robinet d'injection ſont produits.

Deux

Deux poteaux A A soutiennent un essieu ho- Fig. 2 & 3.
rizontal B C qui tourne dans les anneaux d'un étrier *a a b b*, lequel est traversé d'un boulon *b b*.

Autour de ce boulon jouent les anneaux d'une fourche *i h f g* dont la queue *h* tire & pousse alternativement la clef *i* du régulateur, dans une direction horizontale.

Sur le même essieu B C sont fixées quatre pièces différentes, savoir une patte à deux griffes *k*, *l* qui font mouvoir l'étrier ; une branche de fer *m*, une autre *n* de même métal ; la tige *o* d'un poids *p* tenu par une courroye lâche attachée au sommier en *q* & *r* : voilà les pièces qui font Fig. 2.
mouvoir le régulateur comme on le verra plus bas.

A l'égard du robinet d'injection R *x*, sa clef est soudée à une patte d'écrevisse *s t* qui embrasse la broche *u v* ; cette patte tient au manche d'un grand marteau *y* mobile sur la charnière *u* : Ce marteau est engagé par la tête dans une espèce de déclit formé par une entaille faite dans une pièce de bois horizontale tenue à charnière en D, & suspendue en E avec une corde.

La coulisse F G est garnie de quatre chevilles *ß*, *z*, *π*, & dont les distances se règlent d'après l'épreuve qu'en a d'abord fait le conducteur.

Tout étant ainsi disposé, supposons que le

régulateur étant ouvert, la force de la vapeur faſſe remonter le piſton, & par conſéquent la couliſſe F G ; la cheville π rencontrant la branche de fer *m*, la ſoulève & la fait monter, ce qui fait tourner l'eſſieu B C & le poids *p*, lequel, après avoir paſſé la verticale, tombe du côté du cylindre, & tend la courroie *p r*. Or ce mouvement ne peut ſe faire ſans que la griffe *k* n'amène avec elle l'étrier *a a b b* qui tire la queue *b* & fait tourner la clef *i*, ce qui ferme le régulateur & interrompt à la vapeur qui eſt dans le cylindre la communication avec celle qui eſt dans l'alembic.

L'inſtant d'après la couliſſe F G frappe la pièce D E au moyen de la cheville *ß*, cette pièce ſe ſoulève & le déclit lâche la tête du marteau *y* qui tombe ſur une planche L. Pendant cette chute la broche *u v* décrit un arc de cercle qui fait tourner la patte d'écreviſſe, & ouvre le robinet d'injection. Auſſi-tôt l'eau jaillit dans le cylindre, & y condenſe très-promptement la vapeur. Cette condenſation donne lieu à la preſſion de l'atmoſphère de faire deſcendre le piſton, & par conſéquent la couliſſe F G; alors la cheville *ß* ramène vers *z* la queue *u z'* du marteau *y*, l'oblige de remonter & de s'engager de nouveau dans le déclit de la pièce D E, ce qui fait tourner la broche *u v*, & par

conſéquent la patte d'écreviſſe qui ferme le robinet d'injection.

Dans le même tems la cheville & rencontre le bout de la branche *n* qu'elle fait deſcendre, ce qui oblige l'eſſieu BC à tourner, ramene le poids *p*, & lui fait dépaſſer la verticale; alors ſa peſanteur le fait retomber du côté de la couliſſe, & la griffe *l* fait tourner l'étrier qui, dans ce moment, pouſſe le manche *b* lequel fait tourner la clef *i* qui ouvre de nouveau le régulateur.

Alors le piſton & la couliſſe commencent à remonter, & quand celle-ci arrive vers le haut de ſa relevée, la cheville π fait de nouveau fermer le régulateur, & celle β fait ouvrir le robinet d'injection; ainſi de ſuite, ces mouvemens alternatifs ſe ſuccédant ſans ceſſe, tant qu'on entretient le feu ſous la chaudière.

Cette couliſſe n'eſt autre choſe qu'un chevron ouvert par le milieu ſur une partie de ſa longueur, qui joue verticalement dans un trou N pratiqué à cet effet; les faces de ce chevron ſont percées de pluſieurs trous, afin de pouvoir placer les chevilles plus ou moins haut, ſelon que l'on veut rendre le jeu du régulateur & du robinet d'injection plus ou moins prompt.

Ces chevilles ſont l'une π dans la fente même, l'autre & ſur la face antérieure, & enfin la

troiſième z, & la quatrième ß ſur la face poſtérieure de la couliſſe.

On conçoit maintenant que par les mouvemens bien combinés du régulateur & du robinet d'injection, la machine ira uniformément ſi la vapeur eſt toujours dilatée & condenſée de la même manière, & ſi les effets alternatifs du régulateur & du robinet d'injection ſe ſuccèdent comme il convient.

Cette régularité de mouvemens ne pouvant être produite qu'à l'aide de pluſieurs robinets, tuyaux & ſoupapes repréſentés dans les figures 2 & 10, voici les fonctions de ces pièces.

Fig. 2, & 10. L'eau injectée par l'ajutage 3′ retombe dans le fond du cylindre, où la vapeur en entrant la preſſe & fait entrer dans un tuyau 1, 1 dont le bout eſt fermé hermétiquement.

À ce tuyau ſont adaptés deux autres tuyaux 2 2, 3 3 : par le premier 2 2 qui va ſe rendre au fond d'une petite citerne, il ſort environ les $\frac{3}{4}$ de l'eau d'injection qui ſe perd dans cette citerne. Le bout *l* de ce tuyau eſt recourbé verticalement en contremont & garni d'une ſoupape ſuſpendue à un reſſort de fer. Cette ſoupape eſt toujours plongée dans l'eau pour empêcher l'air de pénétrer dans le tuyau : elle eſt fermée quand le piſton deſcend, & ouverte quand il monte, la force de la vapeur ex-

pulſant alors l'eau contenue dans ce tuyau 2 2.

Le ſecond tuyau 3 3 tranſmet le quart reſtant de l'eau d'injection au tuyau vertical 4 4 qui pénètre preſque juſqu'au fond de la chaudière, & qu'on appelle *tuyau nourricier*, parce que l'eau qu'il fournit ainſi à la chaudière ſert à réparer la perte qu'elle fait par l'évaporation.

On règle par un ſeul robinet placé à ce tuyau 3 3, les quantités d'eau qui doivent paſſer par les tuyaux 2 2 & 3 3.

La branche inférieure du tuyau 1, 1 porte encore un godet 5, au fond duquel eſt une ſoupape ſuſpendue à un cordon qu'on ſoulève quand on veut introduire de l'eau dans les tuyaux 2 & 3. Cette eau, qui vient du haut du cylindre par le tuyau deſcendant 6, 6, eſt tiède, elle ſert à chaſſer l'air des tuyaux où on la fait entrer quand on commence à faire jouer la machine.

A l'oppoſite du tuyau d'injection eſt adapté au cylindre un court tuyau 7 qui porte un godet 8, au fond duquel il y a une ſoupape ſuſpendue en partie à un reſſort de fer qui la maintient toujours dans la même direction. Cette ſoupape ſert d'abord à évacuer l'air que la vapeur chaſſe du cylindre lors qu'on commence à faire jouer la machine, & enſuite celui qui eſt amené par l'eau d'injection, & qui em-

pécheroit l'effet de la machine, s'il n'avoit pas la liberté de s'échapper. Cette ſoupape ſe nomme *renifflante*, parce qu'en s'échappant l'air fait un bruit ſemblable à celui d'un homme enrhumé.

Fig. 2, 3 & 10. Sur le chapiteau de l'alembic eſt ſoudé verticalement un bout de tuyau 9, au ſommet duquel eſt une ſoupape qu'on appelle *ventouſe*; elle ſert à donner de l'air à l'alembic, lorſque la vapeur devient trop forte, autrement celle-ci mettroit l'alembic en danger de crever; elle ſe lève aſſez ſouvent lorſque le régulateur eſt fermé & que le piſton deſcend.

Le tuyau 10, 10, nommé *cheminée*, a une de ſes extrêmités dehors du bâtiment; elle eſt munie d'une ſoupape qui eſt attachée à une ficelle que deux petites poulies renvoyent dans l'intérieur de ce bâtiment, pour que, ſans en ſortir, on puiſſe élever la ſoupape lorſqu'on veut évacuer la vapeur & arrêter la machine.

Les deux petits tuyaux 11, 12, qu'on nomme *tuyaux d'épreuve*, ſont, chacun à leur ſommet, garnis d'un petit robinet; ils ſervent à faire connoître s'il y a trop ou trop peu d'eau dans la chaudière; ils ſont, comme on voit, inégaux: l'un trempe ſeulement juſqu'au fond de la vapeur; l'autre pénetre de 2 à 3 pouces dans l'eau. Lorſque l'eau recouvre d'environ 3 pouces les rebords de la chaudière, qui eſt la hauteur con-

venable, le plus long tuyau donne de l'eau, & l'autre de la vapeur. S'ils donnent tous deux ou de la vapeur ou de l'eau; dans le premier cas, c'eſt une marque que l'eau eſt trop baſſe, & dans le ſecond qu'elle eſt trop haute. L'on remédie à l'un ou à l'autre de ces inconvéniens en introduiſant de l'eau dans la chaudière, ou en laiſſant échapper l'excédent de celle qu'elle contient.

Par la force de ſon reſſort, la vapeur de l'alembic fait monter l'eau de la chaudière dans le tuyau d'épreuve 12, 12, & auſſi dans le tuyau nourricier 4, 4; comme celui-ci eſt ouvert par les deux bouts, elle s'y élève juſqu'à la hauteur de 7 à 8 pieds au deſſus du niveau de la chaudière.

Pour remplir & vuider la chaudière quand on veut, il y a aux endroits O & S deux tuyaux garnis de leur robinet *m*; le premier ſert à faire entrer l'eau du réſervoir proviſionnel, le ſecond à évacuer la chaudière. Fig. 10.

Pour amortir la violence du mouvement du balancier & empêcher que le bâtiment & auſſi la machine n'en reçoive de trop fortes ſecouſſes, l'on fait ſaillir en dehors du bâtiment les extrêmités P de deux poutres, pour ſoutenir deux chevrons à reſſorts, recevant un boulon qui traverſe le ſommet des grandes Fig. 11.

jantes du balancier, & l'on prend la même précaution pour le ſoulager dans ſa chute du côté du cylindre.

La baſe ſupérieure du piſton eſt toujours couverte d'eau, pour empêcher les cuirs de ſe deſſécher, & pour fermer à l'air extérieur toute entrée dans la partie du cylindre où paſſe la vapeur. Cette eau eſt amenée par le tuyau 13, &, quand on veut, on peut en faire paſſer une partie par celui 6, l'autre s'échappant par le tuyau 14 qui la conduit dans le réſervoir proviſionnel placé en dehors du bâtiment ſur une plateforme de maçonnerie.

Ce réſervoir eſt fait de madriers doublés de plomb ; on y entretient l'eau néceſſaire pour remplir la chaudière & la cuvette d'injection, lorſqu'on veut faire jouer la machine, en y déchargeant le ſuperflu de celle de cette cuvette, & de l'eau qui recouvre le piſton pendant qu'elle joue. Fig. 10.

Le feu contenu dans le fourneau II' Y'Y eſt ordinairement fait avec du charbon de terre jetté ſur la grille I' Y' ; il eſt deſtiné à chauffer la chaudière.

Vis-à-vis de la porte par où on jette le charbon, ſe trouve une entrée où la flamme ſe porte & va circuler, autour des côtés de la chaudière,

dans l'eſpace vuide V I, T Y, qu'on nomme *la cheminée de la chaudière*, de telle ſorte qu'elle fait un tour entier autour des côtés & du plat bord de la chaudière avant de ſortir par un tuyau de cheminée ordinaire qui eſt placé à côté de l'entrée ci-deſſus. Sans cette circulation de la flamme autour des parois de la chaudière, il faudroit une plus grande quantité de combuſtible pour produire la vapeur dont on a beſoin.

On voit que les bords du fond de la chaudière portent ſur la maçonnerie du fourneau en I Y, & que le plat rebord eſt ſoutenu de même en V T.

On a auſſi ſoin de garnir le chapiteau de la chaudière de maçonnerie, juſqu'à une certaine hauteur, pour lui donner plus de force contre l'effort de la vapeur, & pour le garantir des coups que le haſard pourroit lui faire recevoir. Fig. 3.

L'ellipſe B′ C′ dont le grand axe eſt de 18 pouces, & le petit de 14, eſt une plaque qui ſe détache quand on veut entrer dans l'alembic pour y faire quelques réparations.

Comme on ne peut faire jouer la machine ſans avoir de l'eau dans la cuvette d'injection, l'on a placé dans le troiſième étage une pompe aſpirante Q (fig. 11) dont le tuyau R S T aboutit près du fond du réſervoir proviſionnel, afin qu'au beſoin on en puiſſe tirer de l'eau pour

remplir cette cuvette, qui eſt ordinairement vuide quand la machine ne joue pas.

Fig. 10. La citerne n'eſt autre choſe qu'une cuvette de plomb placée ſous la voûte de la plate-forme; elle a deux tuyaux, l'un ſert de décharge de ſuperficie, & l'autre de fond; ainſi l'on peut avoir en dehors du bâtiment, au pied de la plate-forme, deux baſſins, dont l'un recevra de l'eau froide provenant du réſervoir proviſionnel, & l'autre de l'eau chaude provenant de la citerne.

L'on jugera de l'emplacement de l'alembic dans le bâtiment où il eſt renfermé en conſidérant la figure 13 qui repréſente le plan du premier étage: l'on y verra une coupe horizontale de l'alembic accompagné du revêtement de maçonnerie qui en ſoutient le chapiteau.

De cet étage, l'on peut par un petit eſcalier A B deſcendre dans l'endroit où eſt le fourneau; on ſe fera une idée de la conſtruction de celui-ci en conſidérant la figure 12 qui en montre le profil pris ſur la ligne C D.

Fig. 12. Le fond de ce fourneau eſt une grille élevée d'environ 4 pieds au deſſus du rez de chauſſée, ſervant de foyer; on introduit le charbon de terre par une ouverture E, vis-à-vis de laquelle eſt une porte C qui répond au rez de chauſſée.

Dans l'épaiſſeur de la maçonnerie & des terres

qui ſe trouvent derrière le fourneau, on a pratiqué une ventouſe F G, afin que l'air extérieur puiſſe s'introduire ſous la grille & animer le feu dont la fumée, après avoir circulé autour de la chaudière, s'échappe par la cheminée H L K oppoſée à l'entrée du fourneau.

Quand la machine ne joue pas, le balancier eſt incliné du côté du puits, parce que le bras qui eſt de ce côté-là eſt plus chargé par les attirails, que celui qui eſt du côté du cylindre, & que l'air pénétrant dans l'intérieur de celui-ci, fait que le piſton eſt alors élevé au plus haut point de ſon jeu.

Lorſqu'on veut faire jouer la machine, il faut commencer par remplir d'eau la chaudière, & faire jouer la pompe aſpirante Q pour remplir la cuvette d'injection, enſuite laiſſer couler l'eau ſur la tête du piſton. Fig. 11.

Cela fait, on allume le feu, & auſſi-tôt après on ouvre le régulateur, ſuppoſé qu'il ſoit fermé, ce qu'on a la facilité de faire à l'aide de la branche de fer *m*, au moyen de laquelle on donne à l'eſſieu les mêmes mouvemens que lui imprimeroit la couliſſe. Fig. 2.

En ſe formant, la vapeur s'élève dans le cylindre, en chaſſe l'air & échauffe l'eau qui eſt au deſſus de la tête du piſton. On fait alors paſſer par le tuyau 6, 6, une partie de cette eau

dans le godet 5, dont on ouvre la ſoupape pour la faire entrer dans les tuyaux 2, 3, 4.

Lorſque la vapeur a acquis aſſez de force pour ouvrir la ſoupape qui ferme la ventouſe 9 & ſortir avec détonnation, le conducteur qui attend ce moment pour ſignal, prend d'une main la queue du marteau *y*, de l'autre, le marteau *p* & ferme le régulateur. Un inſtant après il ouvre le robinet d'injection, la vapeur ſe condenſe & le piſton deſcend; enſuite le régulateur s'ouvre de lui-même, & la machine continue à faire toutes ſes fonctions & joue ſans qu'on y touche.

Une machine à feu bien réglée & bien proportionnée donne ordinairement 15 à 16 impulſions de 6 pieds chacune, ou 11 à 12 de 8 pieds, par minute.

On en peut faire de toutes ſortes de grandeurs; cela dépend du plus ou moins de force dont on a beſoin. À Rotterdam il y en a une dont le cylindre a 52 pouces de diamètre, comme elle n'eſt deſtinée qu'à épuiſer lès eaux des campagnes, elle ne les élève qu'à une très-petite hauteur.

Dans la machine à feu qui eſt établie depuis quelques années aux mines de charbon de montrelais près d'Ingrande, ſur les confins de l'Anjou & de la Bretagne, le cylindre a 52 $\frac{1}{2}$ pouces ſur

9 ½ de hauteur ; le jeu du piſton eſt d'environ 6 ½ pieds, elle élève l'eau d'une profondeur de 600 pieds par pluſieurs répétitions de pompe ; le balancier a 25 pieds de long ſur 36 pouces d'équarriſſage.

Il eſt des machines dont le cylindre eſt de 6 pieds de diamètre intérieur ; ainſi la peſanteur de la colonne d'air qui preſſe ſur leur piſton eſt de plus de 60 mille livres, ce qui eſt une force ſupérieure à celle de 350 chevaux.

Où exiſte-t-il dans la nature un auſſi puiſſant agent appliquable aux machines qui doivent produire de grands effets ?

THÉORIE
DES MACHINES
MUES PAR LA FORCE
DE LA VAPEUR DE L'EAU.

SECONDE PARTIE.

Théorie de la Machine à Feu.

POUR donner à une machine quelconque le plus grand degré de perfection, il faut en proportionner les parties de façon que la puiſſance faſſe le plus grand effet poſſible; c'eſt-à-dire que la quantité de mouvement du poids que l'on veut mouvoir, aye à la force que l'on veut employer pour produire cet effet, la plus grande raiſon poſſible.

Pour parvenir à ce but dans la machine à feu, on commencera par porter l'examen ſur le poids à mouvoir; ce poids étant la colonne

d'eau que l'on veut élever, pour s'en acquitter avec le plus grand ſuccès, on procurera aux piſtons des pompes les moyens de puiſer le plus d'eau poſſible. Comme les principes que l'on établit à ce ſujet conviennent également, ſoit qu'il y ait un ſeul corps de pompe, ſoit qu'il y en ait pluſieurs, en parlant de la pompe & de ſon piſton, on avertit qu'on le fera indiſtinctement au plurier ou au ſingulier.

De cette extrêmité du balancier ſe tranſportant à l'autre, on déterminera la puiſſance la plus avantageuſe à y appliquer.

Le diamètre du cylindre fixé, on examinera le jeu de ſon piſton; la conſidération de la force de vapeur néceſſaire à ce jeu nous entraînant dans l'alembic, empêchera pour le moment d'étendre nos recherches ſur les tuyaux qui correſpondent au cylindre, & fixera notre attention ſur l'alembic; celui-ci proportionné de façon à économiſer le plus qu'il eſt poſſible la vapeur & la matière dont il eſt formé, avant de le quitter, on conſidèrera les tuyaux qui y aboutiſſent: diamètre, longueur de ces tuyaux, proportion de leurs ſoupapes, rien ne nous échappera.

De là on paſſera à la chaudière; elle doit fournir la quantité de vapeur néceſſaire au jeu de la machine, & en même tems économiſer autant

autant que poſſible les combuſtibles, agent toujours précieux par la quantité que cette machine en exige; on donnera les moyens de lui procurer ces propriétés.

Comme par ſa figure le fourneau contribue auſſi beaucoup à économiſer les combuſtibles, on expoſera la meilleure forme qu'il convient de lui donner à cet effet.

Du fourneau remontant au cylindre, on s'occupera d'abord de l'injection qui s'y fait, enſuite on portera ſon attention ſur les tuyaux qui y aboutiſſent & ſur leur ſoupape.

Le réſervoir proviſionnel étant à peu près au niveau du cylindre, on conſidérera ſes fonctions & on expoſera les moyens qui le mettent à même de les remplir.

Etant eſſentiel de ſe faire une idée auſſi claire qu'il eſt poſſible de la façon dont l'injection condenſe la vapeur, afin de connoître ſi c'eſt la preſſion totale de l'atmoſphère, ou ſeulement une partie de cette preſſion qui fait deſcendre le piſton, on entrera à ce ſujet dans un examen aſſez étendu.

Enfin on finira par une remarque intéreſſante ſur le poids des attirails, lorſque l'eau doit être puiſée à de grandes profondeurs.

Des Piſtons des Pompes.

A ce ſujet obſervons:

1. Que l'effort de la vapeur étant employé en entier à faire monter le piſton du cylindre, n'exerce aucune preſſion, ni ſur le balancier pour le faire tomber du côté des pompes, ni ſur les tiges de leurs piſtons pour les faire enfoncer dans les corps de pompe, & y puiſer l'eau.

2. Que ſi cette chute du balancier & du piſton de la pompe n'avoit pas lieu, l'effet de la machine ſeroit nul; d'où nous concluons que pour qu'elle en produiſe un, il faut que la tige du piſton de la pompe ſoit chargée d'un poids qui ſupplée au défaut d'action de la vapeur ſur le piſton. Cela poſé, voyons comment on peut déterminer la grandeur de ce poids & fixer ſon emplacement.

3. Si ce poids étoit le piſton même, ou ſi, étant attaché à la verge de celui-ci, il étoit placé aſſez bas pour ſe trouver plongé dans l'eau, lorſque ce piſton deſcend dans le corps de pompe & y puiſe l'eau, ce poids ne produiroit pas ſon plus grand effet; car chaque fois qu'il plongeroit dans le fluide, il ſouffriroit une diminution égale au poids du volume d'eau dont il occuperoit la place, ſans que la puiſſance qui ſeroit obligée de l'élever en élevant le piſton, reçût le même ſoulagement, cette puiſſance ayant alors à ſoutenir toute la peſan-

teur abſolue de ce poids. D'où je conclus que pour (à l'égard de ſon emplacement) obtenir le plus grand effet, ce poids doit être attaché aſſez haut ſur la tige du piſton (*a*) pour qu'il ne puiſſe pas parvenir à l'eau lors de la deſcente de ce piſton, & que par conſéquent il ſoit toujours en état d'exercer toute ſa peſanteur abſolue, & ſur le balancier & ſur le piſton.

L'emplacement de ce poids fixé, voyons quelle doit être ſa grandeur.

4. Ce poids étant lié à la tige du piſton, la puiſſance ne pourra élever celui-ci avec la colonne d'eau qui le ſuit ſans élever auſſi ce poids; ainſi ce poids ne pourra être élevé qu'aux dépends de la colonne d'eau qu'on a à puiſer; comme plus il ſera grand, plus celui de la colonne d'eau qu'il reſtera au pouvoir de la puiſſance d'élever ſera petit. Si l'on veut obtenir le *maximum* d'effet de la machine à feu, il faut néceſſairement faire ce poids le moins grand poſſible.

(*a*) Je dis que le poids doit être expreſſément attaché à la tige du piſton & non à la chaîne ou à l'extrêmité du balancier, parce que dans ces deux cas il n'opéreroit pas l'effet deſiré; la ſoupleſſe de la chaîne ne pouvant tranſmettre aux piſtons l'action de ce poids, il ne feroit aucun effort pour les faire enfoncer.

Car ſi on le faiſoit très-grand, par exemple, tel qu'il approchât infiniment du poids total que la puiſſance eſt en état d'enlever, le piſton deſcendroit, à la vérité, avec la plus grande vîteſſe dont un corps tombant eſt capable, &, dans le tems donné, iroit puiſer l'eau auſſi bas qu'il ſeroit poſſible; mais la colonne d'eau qu'il reſteroit au pouvoir de la puiſſance d'élever avec ce poids, ſeroit infiniment petite, & l'effet de la machine preſque nul.

Si, au contraire, on le faiſoit trop petit, par exemple, tel qu'il ne ſurpaſſât que d'une quantité infiniment petite celui qui ſeroit néceſſaire pour faire équilibre aux obſtacles qui s'oppoſent à l'enfoncement du piſton, on ne peut diſconvenir que l'équilibre en ſeroit troublé, & que ce piſton s'enfonceroit d'un mouvement uniformément accéléré; mais au bout d'un tems fini, la vîteſſe qu'il auroit acquiſe ſeroit infiniment petite (*b*); par conſéquent l'eſpace qu'il

Plan. I. Fig. 7. (*b*) Soit imaginé un plan incliné dont la longueur AB exprime le poids total du piſton & de ſa ſurcharge; & la hauteur AC la quantité relative de ce poids; c'eſt-à-dire ce dont il ſurpaſſe l'équilibre. Ce plan incliné AB ſera celui le long duquel un corps tombera avec la même viteſſe qu'a le piſton dans ſa deſcente, puiſque ce corps & le piſton ont la même raiſon entre leur peſanteur abſolue & leur peſanteur relative.

Soit prolongée la verticale AC juſqu'en D, de ſorte

auroit parcouru, c'eſt-à-dire la profondeur à laquelle il ſe ſeroit enfoncé ſeroit auſſi infiniment petite; ce qui eſt contraire à la condition du plus grand effet. D'où il ſuit que pour que la pompe fourniſſe une quantité finie d'eau, il faut que le poids qui doit vaincre les obſtacles qui s'oppoſent à l'enfoncement du piſton, ſurpaſſe d'une quantité finie celui qui feroit équilibre à ces obſtacles.

5. Puiſqu'en employant un poids trop grand, l'effet de la machine eſt preſque *zero*, & que la même choſe arrive lorſqu'on emploie un poids trop petit, il eſt facile d'appercevoir qu'entre ces deux cas extrêmes il exiſte un *maximum;*

---

que AD ſoit la hauteur dont un corps tomberoit librement dans le tems fini que le piſton employe à deſcendre.

Du point D ſoit menée la ligne DN perpendiculaire ſur AB; la ligne AN exprimera l'eſpace parcouru par ce corps ſur ce plan incliné, pendant le tems qu'il ſeroit tombé librement de la hauteur AD.

Les triangles ABC, ADN donnent AB: AC:: AD: AN; mais AC eſt ſuppoſé infiniment petit par rapport à la grandeur finie AB; donc AN ſera auſſi infiniment petit par rapport à la grandeur finie AD; mais AN eſt la profondeur où deſcendent les piſtons dans un tems fini; donc, comme on l'a avancé, la profondeur AN, à laquelle le piſton puiſera l'eau, ſera dans ce cas infiniment petite.

c'eſt-à-dire qu'il y a un poids de grandeur déterminée, & telle que l'enfoncement qu'il procurera au piſton dans un tems donné, lui fera puiſer le plus d'eau poſſible ; ce qui aura lieu lorſque la colonne d'eau à puiſer, multipliée par l'eſpace qu'elle doit parcourir dans un tems donné, c'eſt-à-dire par la profondeur à laquelle le piſton eſt deſcendu, donne un *maximum*.

Cette vérité apperçue, tâchons de la développer.

6. Soit P le poids total que la puiſſance doit élever, lequel eſt compoſé de celui de la colonne d'eau, de la peſanteur du piſton & du poids dont il eſt chargé.

Soit p le poids inévitable & déterminé que doit avoir le piſton avec ſa tige pour avoir la ſolidité convenable;

Soit x le poids inconnu que l'on doit attacher à la tige du piſton pour l'obliger à s'enfoncer avec la vîteſſe requiſe pour le plus grand effet;

Soit enfin m la ſomme de tous les obſtacles qui s'oppoſent à la libre deſcente du piſton dans le corps de pompe (*c*).

(c) Cette quantité m comprenant la ſomme de toutes les réſiſtances qui empêchent le piſton de deſcendre, comprend donc le frottement du balancier & la réſiſtance qu'oppoſe l'inertie de celui-ci, le poids de la couliſſe,

Le poids total & abſolu du piſton avec ſa charge ſera $x + p$.

La peſanteur relative de ce piſton chargé, c'eſt-à-dire celle qui lui reſte après avoir vaincu les obſtacles ſera $x + p - m$.

Soit maintenant imaginé un plan incliné dont la longueur AB ſoit $x + p$; la hauteur AC, ſoit $x + p - m$. Plan. I. Fig. 7.

Si l'on poſe un grave ſur ce plan incliné, il y deſcendra avec la même vîteſſe que celle avec laquelle le piſton ſurchargé deſcend dans le corps de pompe; car ce grave & ce piſton ayant chacun le même rapport entre leur peſanteur abſolue & leur peſanteur relative, ils ſeront néceſſairement aſſujettis au même mouvement.

Soit prolongée la verticale AC juſqu'en D, tellement que AD ſoit la hauteur dont un corps tombe librement pendant une ſeconde; & ſoit fait $AD = d$.

Du point D ſoit enſuite menée la ligne DN perpendiculaire ſur AB; la ligne AN ſera l'eſpace parcouru dans une ſeconde par le grave poſé au point A ſur le plan incliné.

---

le frottement des piſtons dans les corps de pompe, la perte du poids à laquelle ſont ſujets les piſtons & une partie de leur tige, lorſqu'ils plongent dans l'eau, & enfin la réſiſtance qu'elle oppoſe à ce que le piſton la traverſe & la déplace.

Pour trouver l'expreſſion de cet eſpace, on remarquera que les triangles ABC, ADN, ſont ſemblables, & par conſéquent donnent la proportion AB : AC :: AD : AN ; d'où l'on tire $AN = \frac{AC \times AD}{AB}$; ou ſubſtituant à ces lettres leurs valeurs algébriques, on aura $AN = d \times \left(\frac{x+p-m}{x+p}\right)$

Soit t le tems pendant lequel on veut que le piſton deſcende dans le corps de pompe ; AN étant l'eſpace que parcourroit ce piſton pendant une ſeconde, pour trouver celui qu'il parcourra dans le tems donné t, on fera uſage du principe de dynamique, que les eſpaces parcourus ſont entr'eux comme les quarrés des tems, ainſi $1^2 : t^2 :: d \times \left(\frac{x+p-m}{x+p}\right)$ eſpace parcouru par le piſton dans une ſeconde, eſt à $\frac{t^2 d\,(x+p-m)}{1^2 \times (x+p)}$ qui ſera l'eſpace ou profondeur à laquelle le piſton ira puiſer l'eau dans le tems donné t.

7. Le poids total que la puiſſance eſt en état d'élever étant P ; le piſton avec ſa charge, c'eſt-à-dire, $p+x$ devant faire une partie de ce poids, & la colonne d'eau l'autre ; ſi du poids total P on retranche celui du piſton avec ſa charge, le

reſte $P - p - x$ ſera le poids de la colonne d'eau que la puiſſance pourra puiſer à la profondeur trouvée ci-deſſus $\frac{t^2 d \times (x+p-m)}{1^2 \times (x+p)}$

8. Comme plus le produit de la colonne d'eau à puiſer multipliée par la profondeur à laquelle le piſton ſera deſcendu ſera grand, plus la pompe fournira d'eau dans le tems donné, il s'enſuit que pour obtenir le *maximum* d'effet, il faut que ce produit $\frac{dt^2 \times (x+p-m) \times (P-x-p)}{1^2 \times (x+p)}$ ſoit un *maximum.*

Faiſant donc les multiplications indiquées on aura

$$dt^2 \times (-x^2 + \overline{P+m-2p} \times x + P \times \overline{p-m} + p \times \overline{m-p}) \times \overline{1^2 \times (x+p)}^{-1}$$

laquelle quantité étant différentiée & égalée à *zero*, deviendra

$$-\frac{2x dt^2 \partial x}{1^2 (x+p)} + \frac{xx \times 1^2 dt^2 \partial x}{(1^2 \times \overline{x+p})^2} +$$

$$\frac{dt^2 \times (P+m-2p) \times \partial x}{1^2 (x+p)} -$$

$$\frac{x \times 1^2 \times dt^2 (P+m-2p) \partial x}{(1^2 \times \overline{x+p})^2} -$$

$$\frac{1^2 dt^2 \times [\, P \times \overline{p-m} + p \times \overline{m-p}\,] \times \partial x}{(1^2 \times \overline{x+p})^2} = 0$$

Réduiſant enſuite les fractions à un même dénominateur, & diviſant l'équation par $1^2\, dt^2 \times \partial x$ elle deviendra $(-2xx - 2px + xx + Px + mx - 2px + Pp + mp - 2p^2 - Px - mx + 2px - Pp + Pm - pm + p^2) : (1^2 \times \overline{x+P})^2 = 0$ qui étant réduite devient $-x^2 - 2px - p^2 + Pm = 0$ ou bien $Pm = x^2 + 2px + p^2$. de laquelle extrayant la racine quarrée, on aura enfin $x = \sqrt{P\,m} - p$ valeur cherchée du poids qu'il faut attacher à la verge du piſton pour qu'il s'enfonce dans l'eau avec le plus d'avantage poſſible.

9 Comme ce poids plus celui du piſton donne le poids entier que les attirails doivent avoir pour opérer la deſcente la plus avantageuſe de ce piſton, il s'enſuit que ce dernier poids ſera $\sqrt{p\,m} - p + p = \sqrt{P\,m}$, & ſi on le retranche du poids total P, on aura $P - \sqrt{P\,m}$ pour le poids de la colonne d'eau qui pourra être élevée.

10. D'où il réſulte que pour puiſer l'eau avec le plus grand avantage dans le cas dont il s'agit,

le poids P qu'on veut élever étant donné, il faut le partager en deux parties qui ſoient entr'elles comme $\sqrt{P\,m} : P - \sqrt{P\,m}$, dont la premiere $\sqrt{P\,m}$ exprime le poids des attirails, & la ſeconde $P - \sqrt{P\,m}$, le poids de la colonne d'eau qui ſera élevée.

REMARQUE I.

11. En examinant l'expreſſion $\sqrt{P\,m}$ du poids des attirails, on voit que plus la ſomme m des réſiſtances diminue, plus ce poids doit être petit; de ſorte que ſi $P\,m$ devenoit égal à p^2, ce poids devroit être égal à p, c'eſt-à-dire égal au poids du piſton, ce qui fait voir que dans ce cas ce piſton n'auroit pas beſoin de charge.

12. Que ſi m étoit *zero*, le poids des attirails devroit être nul; & l'on auroit $x = -p$; c'eſt-à-dire qu'à l'extrêmité du balancier oppoſée aux pompes, il faudroit appliquer un poids égal à celui du piſton, afin de produire ſur celui-ci une preſſion $= -p$.

13. Que ſi enfin m étoit une fonction de P & qu'elle en fût une partie aliquote comme $\frac{P}{1}$, ou $\frac{P}{4}$, ou $\frac{P}{9}$, ou $\frac{P}{16}$, ou $\frac{P}{25}$, &c. le poids des attirails ſeroit alors ou $\frac{P}{1}$, ou $\frac{P}{2}$, ou $\frac{P}{3}$, ou $\frac{P}{4}$,

ou $\frac{P}{5}$, &c.; ce qui donne à connoître que lorſque la ſomme des réſiſtances décroît en progreſſion dont les termes ont pour numérateur conſtant le poids total P, & pour dénominateurs les quarrés des nombres naturels, le poids des attirails décroît de même en progreſſion dont les termes ont auſſi pour numérateur ce poids conſtant, & pour dénominateurs ces mêmes nombres naturels; ce qui certainement eſt une belle propriété.

REMARQUE II.

14. Si le diamètre & la hauteur de la colonne d'eau à élever, & par conſéquent ſon poids que nous nommerons Q, eſt donné, & qu'on veuille trouver celui que les attirails doivent avoir pour produire le plus grand effet, il faudra d'abord déterminer la ſomme des réſiſtances qui s'oppoſent au mouvement du piſton du corps de pompe donné, à quoi l'on parviendra de la manière ſuivante.

1°. On cherchera le frottement qu'éprouve le piſton de la pompe.

2°. On évaluera la quantité d'eau que déplacent ce piſton & la partie de ſa tige qui s'y trouve plongée.

3°, Ayant fixé les dimenſions du balancier &

de la couliſſe, on évaluera le poids qui eſt néceſſaire pour élever cette couliſſe & pour vaincre le frottement des tourillons.

4°. On évaluera à peu près, (c'eſt-à-dire ſur la vîteſſe des mouvemens qu'ont les balanciers des meilleures machines connues) le poids qui eſt néceſſaire pour vaincre l'inertie du balancier dont il s'agit; je dis à peu près, parce que ne connoiſſant pas encore la vîteſſe qu'aura ce balancier, on ne peut déterminer avec juſteſſe le poids qui doit la lui donner.

5°. Enfin on cherchera à connoître la réſiſtance que le fluide oppoſe à la deſcente du piſton; ajoutant enſuite ces cinq valeurs enſemble, on aura la ſomme m des réſiſtances qu'éprouve le piſton de la pompe.

Maintenant pour trouver le poids des attirails des pompes, il ne s'agit que de faire uſage de la formule $P - \sqrt{P\,m}$ qui exprime celui de la colonne d'eau; ce poids étant Q on aura l'équation $Q = P - \sqrt{P\,m}$ dans laquelle Q & m étant connus, on en tirera la valeur de P comme il ſuit $P = \pm\sqrt{(Qm + \frac{m}{4})^2} + \frac{m}{2} + Q$ & tel ſera le poids total formé par la ſomme du poids des attirails & de celui Q de la colonne d'eau à élever; retranchant ce poids Q le reſte

$\sqrt{(Qm+\frac{m^2}{4})}+\frac{m}{2}$ ſera le poids cherché que doivent avoir les attirails des pompes.

Si enfin de ce poids on retranche celui du piſton, le reſte ſera le poids dont on doit charger ſa tige pour qu'il aille puiſer l'eau avec le plus grand avantage.

REMARQUE III.

15. Puiſque plus la ſomme m des réſiſtances diminue, plus le poids $P-\sqrt{Pm}$ de la colonne d'eau qu'on peut élever augmente, il faut donc s'attacher à diminuer ces réſiſtances autant qu'il eſt poſſible, afin d'augmenter l'effet de la machine; or on y parviendra,

1°. En ne donnant au piſton que l'épaiſſeur qui eſt néceſſaire pour la ſolidité, & le faiſant de la matière la plus compacte, pour qu'ayant le moins de volume poſſible, il déplace le moins d'eau.

2°. En rendant ſa ſurface, & celle du corps de pompe dans lequel il joue, parfaitement liſſes, pour diminuer le frottement.

3°. En diminuant le frottement des tourillons du balancier, & on parviendra même à l'anéantir, ſi, comme aux balances, au lieu de ces tourillons, on lui donne des appuis angulaires dont les pointes inférieures ſe trouvent placées

à ſon centre de gravité. Ce moyen paroît très-adaptable, vu que le balancier des machines à feu n'eſt, non plus que la balance, ſujet à aucune rotation continue ; mais ſeulement à un ſimple balancement.

4° Enfin en facilitant à l'eau contenue dans le corps de pompe tous les moyens de s'échapper, & de laiſſer au piſton une deſcente aiſée.

Ce dernier objet eſt un des plus importans ; la réſiſtance qu'éprouve un corps qui ſe meut dans un fluide libre & indéfini eſt très-inférieure à celle qu'éprouve le piſton en traverſant l'eau renfermée dans le corps de pompe ; cette eau, reſſerrée entre les parois de celui-ci, ne peut faire place au piſton qui la traverſe ſans que la quantité qu'il en déplace ne s'échappe par l'ouverture ſouvent trop étranglée de la ſoupape pour ſe porter au deſſus du piſton.

Or il eſt évident que plus le mouvement du piſton eſt rapide, & le diamètre de l'ouverture de la ſoupape petit par rapport à celui du corps de pompe, plus l'eau qui eſt deſſous le piſton doit jaillir avec vîteſſe au deſſus de celui-ci pour lui laiſſer un libre paſſage ; ce qui fait à ſa deſcente un obſtacle très-grand, & qu'il eſt eſſentiel de diminuer autant qu'on pourra.

Pour cet effet, on fera l'ouverture de la ſou-

pape auſſi grande qu'il ſera poſſible ſans nuire à la ſolidité du piſton.

Ayant donc choiſi une certaine épaiſſeur (*d*) pour celle de la couronne de ce piſton, & qui par la raiſon qu'on vient de dire ſoit la moindre poſſible ; cette épaiſſeur pourra être conſtamment la même pour tous les corps de pompe, en obſervant de ne faire des augmentations que ſur la hauteur des piſtons, lorſque la grandeur de leurs diamètres exigera qu'on en augmente la ſolidité : ainſi retranchant cette épaiſſeur conſtante du diamètre variable des corps de pompe, le reſte ſera le diamètre de l'ouverture de la ſoupape ; comme la ſurface de cette ouverture excédera d'autant plus celle de la couronne du piſton, que le diamètre du corps de pompe ſera grand, l'eau que cette couronne déplacera aura d'autant moins de difficulté à paſſer par cette ouverture, & par conſéquent oppoſera d'autant moins de réſiſtance au piſton que le diamètre de celui-ci ſera grand. Ceci paroîtra encore plus clair par l'exemple ſuivant.

Suppoſons deux corps de pompe dont l'un ait 6 pouces de diamètre & l'autre 12 ; & que la couronne du piſton de chacun d'eux ait 1 $\frac{1}{2}$

(*d*) Par cette épaiſſeur j'entends celle qui eſt l'excés du rayon du corps de pompe ſur le rayon de la ſoupape.

pouces

pouces de largeur priſe horiſontalement. L'ouverture de la ſoupape du petit piſton aura donc 3 pouces de diamètre; & la ſurface de cette ouverture ſera le tiers de la ſurface de la couronne que ce piſton préſente à l'eau dans ſa deſcente: Or l'eau qui répond à cette ſurface devant s'échapper par la ſurface trois fois plus petite de la ſoupape, devra paſſer par cette ouverture avec une viteſſe triple de celle qu'a le piſton.

Mais dans la grande pompe dont le diamètre eſt de 12 pouces, la couronne du piſton ayant auſſi 1 ½ pouces de largeur, il reſtera 9 pouces pour le diamètre de l'ouverture de la ſoupape; ainſi la ſurface de celle-ci ſera à la ſurface de la couronne du piſton comme 9 eſt à 7; d'où il ſuit que l'eau déplacée par la ſurface 9, y paſſera avec une viteſſe moindre que celle du piſton; par conſéquent avec bien plus de facilité que dans le cas précédent: ainſi à cette grande pompe le piſton éprouvera beaucoup moins d'obſtacles, à proportion, qu'à la petite.

16. De là il réſulte que, toutes choſes d'ailleurs égales, l'effet des machines à feu bien conſtruites ſera d'autant plus grand que les corps de pompes auront un plus grand diamètre (*e*).

(*e*) Une cauſe qui contribue encore à rendre l'effet des grands corps de pompe ſupérieur à proportion à

Il réſulte encore de ce que nous venons de dire que l'ouverture de la ſoupape doit être auſſi grande qu'il eſt poſſible par rapport au diamètre du piſton, mais ſans priver celui-ci de la ſolidité qui lui eſt néceſſaire; qu'ainſi on doit s'attacher à acquérir celle-ci par une plus grande hauteur de couronne, aux dépens de ſa largeur.

Les piſtons des pompes ayant été mis en état de produire le *maximum* d'effet, abandonnons l'extrêmité du balancier qui y répond pour nous porter à l'autre, & chercher la quantité de force qui doit y être appliquée.

De la puiſſance à appliquer à l'extrêmité du balancier oppoſée aux pompes.

18. Si les piſtons des pompes devoient avoir un même mouvement de montée que de deſcente; c'eſt-à-dire devoient s'élever & deſcendre avec la même vîteſſe, il ſeroit très-facile de déterminer la puiſſance qui produiroit cet effet; puiſque ce ſeroit celle qui ſurpaſſeroit le poids total P dans la même proportion que le poids

---

celui des petits, eſt que les colonnes d'eau qu'ils renferment croiſſent (à hauteurs égales) en raiſon des quarrés des diamètres, tandis que les ſurfaces frotantes des piſtons, auſſi de hauteurs égales, ne croiſſent qu'en raiſon de ces diamètres.

total $\sqrt{P\,m}$ du piſton chargé ſurpaſſe ſon poids relatif $\sqrt{P\,m} - m$; ainſi en faiſant la proportion $\sqrt{P\,m} - m : \sqrt{P\,m} :: P$: au quatrième terme $\frac{P\sqrt{P\,m}}{\sqrt{P\,m} - m}$; ce quatrième terme exprimeroit la puiſſance qui éleveroit le piſton & la colonne d'eau dans le même tems & avec la même viteſſe que celle qu'auroit eu ce piſton dans ſa deſcente ; bien entendu que l'on devroit avoir égard à l'inertie du balancier & au frottement de ſes tourillons s'il y en avoit, pour augmenter enſuite cette puiſſance de la quantité qui lui ſeroit néceſſaire pour vaincre ces deux obſtacles.

19. Mais ſi, comme cela doit ſe faire, ſans avoir égard à cette régularité dans la montée & la deſcente des piſtons des pompes, on préféroit de remplir le but du plus grand effet, on verroit que la formule qu'on vient de trouver n'a pas cet avantage, & que pour ſe le procurer, il faut prendre un autre chemin.

On ſait que l'effet d'une puiſſance eſt meſuré par la quantité de mouvement du corps ſur lequel elle agit, diviſée par la grandeur de cette même puiſſance ; ainſi plus cette expreſſion eſt grande, plus l'effet de la puiſſance eſt conſidérable. Donc pour avoir la puiſſance qui pro-

duira le plus grand effet, il faut que l'expreſſion de cet effet ſoit un *maximum*.

Or nous avons à mouvoir le poids total P, qui eſt la ſomme du poids de la colonne élevée & de celui des attirails.

Si nous faiſions la puiſſance égale à P, nous n'aurions que l'équilibre, & point de mouvement; pour le produire & faire qu'il ſoit le plus avantageux poſſible, il faut donc augmenter cette puiſſance d'une certaine quantité x; ainſi elle ſera $P + x$.

Plan. I. Fig. 8. Imaginons maintenant un plan incliné dont la longueur AB repréſente cette puiſſance $P+x$, & la hauteur AC ſa force relative x;

Imaginons encore que l'eſpace AN ſoit celui que parcourent les piſtons des pompes dans leur deſcente, & conſéquemment celui qu'ils doivent parcourir dans leur montée; ſoit fait $AN = j$ & menée ND parallèle à BC.

La proportion AB : AC :: AN : AD donnant $AD = \frac{AN \times AC}{AB}$ ou $AD = \frac{jx}{P+x}$ pour la hauteur de laquelle un grave étant tombé librement, il auroit acquis la même vîteſſe que s'il fût deſcendu le long du plan incliné de la quantité AN; cette vîteſſe ſera donc celle que le piſton du cylindre aura acquiſe lorſqu'il ſera arrivé au bas de ſa deſcente AN, ou celle du

piſton de la pompe lorſqu'il ſera remonté au haut de ſon jeu ; les vîteſſes étant exprimées par les racines quarrées des hauteurs, celle du poids ſera donc exprimée par $\sqrt{\frac{jx}{P+x}}$: puiſque le produit de cette vîteſſe dans le poids P, diviſé par la puiſſance $P+x$, eſt l'effet de cette puiſſance, & que cet effet doit être un *maximum*, il faut faire enſorte que l'expreſſion $\frac{P\sqrt{jx}}{(P+x)\times\sqrt{P+x}}$ devienne un *maximum* ; opérant ſur elle en conſéquence, on différenciera $P\times j^{\frac{1}{2}}x^{-\frac{1}{2}}\times(P+x)^{-1}\times(P+x)^{-\frac{1}{2}}$ qui deviendra

$$\frac{-2jxP\partial x+jPP\partial x+jxP\partial x-jxP\partial x}{2(P+x)^{2}\times\sqrt{jx}\times\sqrt{P+x}}=0$$

d'où après avoir fait les réductions l'on tirera $-2x+P=0$ & enfin $x=\frac{P}{2}$: ce qui fait connoitre que la peſanteur de la colonne d'air qui fera remonter les piſtons des pompes, avec le plus grand effet, doit ſurpaſſer de moitié celle requiſe pour l'équilibre.

Ayant déterminé la puiſſance néceſſaire pour faire jouer les pompes avec le plus d'avantage, occupons-nous maintenant des proportions

que doit avoir la machine à feu pour pouvoir produire cet effet; commençons par examiner quel doit être le jeu du piſton dans le cylindre.

Du jeu d'aſcenſion du piſton dans le cylindre.

20. Pour opérer le plus grand effet, le piſton du cylindre doit remplir deux conditions; l'une de ne s'élever qu'à une hauteur égale à la profondeur où les piſtons des pompes deſcendent; l'autre de parcourir cette hauteur exactement dans le même tems que la deſcente des piſtons des pompes s'exécute. Cette vérité eſt palpable; car ſi, par ſon trop de viteſſe, le piſton s'élevoit dans le cylindre à la hauteur requiſe, dans un tems moindre que celui que les piſtons employent à deſcendre, ce piſton arrivé au haut de ſon jeu avant que ceux-là fuſſent parvenus au bas du leur, ſeroit obligé, ou de faire une pauſe pour attendre qu'ils euſſent fini leur courſe, ce qui ſeroit pour lui une perte de tems; ou, ſans s'arrêter, de deſcendre ſur le champ, ce qui ſeroit encore pire; car il redeſcendroit avant que les piſtons des pompes fuſſent parvenus à la profondeur où ils doivent s'enfoncer, interromproit leur courſe, & les obligeroit à remonter avant que de l'avoir achevée. Dans ce cas le piſton du cylindre auroit parcouru en pure perte, & l'eſpace extrême de

ſon afcenſion, & le commencement de ſa deſcente; ſon jeu ſeroit directement contraire au but du plus grand effet; par conſéquent très-défectueux.

Si au contraire le piſton du cylindre montoit trop lentement, il ſeroit atteint dans ſa courſe par les piſtons des pompes, en ſeroit heurté, & par là obligé de partager leur quantité de mouvement. Dans ce cas ſon jeu n'auroit à la vérité aucun des deux défauts ci-deſſus; mais les piſtons des pompes ſeroient troublés dans leur marche qu'ils ne pourroient achever avec la viteſſe qui leur a été preſcrite pour le *maximum* d'effet; choſe déſavantageuſe que l'on devroit éviter ſi cela étoit poſſible; je dis s'il étoit poſſible, parce que, [comme je le ferai voir plus loin lorſque j'examinerai la manière dont la vapeur ſe condenſe,] il y a des cauſes qui rendent cette rencontre inévitable: mais ces cauſes étant indéterminables, ainſi ne pouvant s'introduire avec fruit dans le calcul qu'elles compliqueroient ſans néceſſité, cela nous engage à conſidérer la choſe ſous le point de vue relatif à l'effet le plus avantageux, qui eſt de ſuppoſer que cette rencontre des piſtons dans leur courſe puiſſe s'éviter, que par conſéquent le piſton du cylindre reçoive de la vapeur, la force qui lui eſt néceſſaire pour arriver au haut

de ſon jeu, préciſément dans le même tems que les piſtons des pompes employent à fournir leur carrière, & que le premier deſcende ſans perte de tems.

Nous prenons cette voie avec d'autant plus de confiance que les réſultats auxquels elle conduit ſont très-approchans du vrai, s'accordent avec l'expérience, & donnent pour les les machines à feu des proportions analogues à celles des machines exiſtantes qui paſſent pour les plus parfaites.

Suppoſons donc que le jeu que les piſtons des pompes doivent avoir ſoit donné, le tems pendant lequel il doit s'exécuter le ſera auſſi. Or il ſe préſente trois moyens différens de procurer ce jeu au piſton du cylindre, & de faire qu'il s'exécute dans le même tems que la deſcente des piſtons des pompes.

Le premier, en lui donnant une vîteſſe uniforme dans ſon aſcenſion ; le ſecond en la lui donnant uniformément retardée, faiſant dans ces deux cas enſorte qu'elle ſoit interrompue & anéantie, ou par l'injection, ou par quelqu'autre cauſe quelconque, au moment où le piſton ſera parvenu au terme de ſon aſcenſion ; le troiſième, en lui donnant une vîteſſe uniformément retardée, mais qui dans ce moment, s'anéantiſſe d'elle-même.

Comme notre but eſt de produire le plus grand effet en ménageant la force, nous devons examiner lequel de ces trois moyens y conduit; ce ſera ſans contredit celui qui dépenſera le moins de vapeur, & par conſéquent économiſera cet agent précieux que l'on ne peut produire qu'aux dépens des combuſtibles.

Premier moyen.

Il eſt évident qu'en ſortant de l'alembic la vapeur qui y étoit renfermé perd de ſa force en raiſon de la grandeur de l'eſpace où elle trouve à s'étendre; qu'ainſi la force d'une même quantité de vapeur eſt en raiſon inverſe des eſpaces qu'elle occupe. Si donc la capacité de l'alembic eſt *ſix*, & que l'eſpace vuide que laiſſe le piſton en s'élevant dans le cylindre ſoit *un*, la force de la vapeur contenue dans l'alembic ſera à la force qu'aura cette vapeur étendue dans le cylindre comme 7 eſt à 6.

Connoiſſant cette propriété, conſidérons que pour donner au piſton un mouvement uniforme, ou bien un même degré de viteſſe dans chaque inſtant de ſon aſcenſion, il faudroit que la force de la vapeur qui le ſoulève fût conſtamment la même; qu'ainſi elle agît contre ce piſton lorſqu'il eſt arrivé au haut de ſon jeu,

avec la même force qu'elle a lorſqu'elle eſt renfermée dans l'alembic. Pour que cela fût, il faudroit que l'eſpace que le piſton laiſſe dans le cylindre fût infiniment petit par rapport à la capacité de l'alembic ; comme cet eſpace eſt fini, il faudroit donc que l'alembic fût infiniment grand, ce qui n'eſt pas faiſable.

Second moyen.

L'alembic devant avoir une capacité finie, le piſton doit donc ſe mouvoir avec une vîteſſe uniformément retardée.

Cela étant, il eſt aiſé de voir que moins le piſton aura perdu de ſa vîteſſe lorſqu'il ſera parvenu au haut de ſon jeu, plus il reſtera à la vapeur de force réelle à exercer contre lui (*f*) ce qui ſera doublement déſavantageux ; premièrement, parce que, d'un côté, il s'employera plus de force qu'il n'en faut pour le porter à la hauteur requiſe, & qu'y étant arrivé, on ſera obligé d'anéantir l'excès de force qui reſte à la vapeur, lequel ſera par conſéquent en pure perte. Secondement, parce que la capacité de l'alembic devant être augmentée en raiſon de cet

(*f*) J'appelle force réelle l'excès de force de la vapeur ſur la réſiſtance de l'atmoſphère.

excès de force, elle contiendra une d'autant plus grande maſſe de vapeur ſans effet.

Les défauts des trop grands alembics ne ſe bornent pas aux précédens, on peut encore y ajouter que, plus ils ont de capacité, plus il leur faut de tems pour ſe remplir de vapeur, tems pendant lequel la machine ne peut jouer, & le feu doit brûler ſans effet immédiat.

De plus, comme à chaque impulſion il n'y a qu'une partie conſtante de la vapeur contenue dans l'alembic qui ſe dépenſe, plus ſa maſſe totale ſurpaſſe cette quantité, plus il en reſte d'inactive dans l'alembic, & plus il y en a en pure perte lorſque la machine ceſſe de jouer.

On gagne donc à tous égards en proportionnant la capacité de l'alembic de manière qu'il ne reſte à la vapeur aucune force réelle contre le piſton, lorſqu'il eſt arrivé au haut de ſon jeu; car alors cet alembic ſe trouve avoir la ſeule capacité néceſſaire & la moindre qu'on puiſſe lui donner.

De là nous concluons que le troiſième moyen eſt celui qui ménage le plus la vapeur; qu'ainſi le piſton doit être pouſſé d'un mouvement uniformément retardé, & tel qu'après avoir atteint le haut de ſon jeu, la force que cette vapeur exerce contre lui ſoit en équilibre

avec la preſſion verticale qui s'oppoſe à ſa montée.

On parviendra à régler les dimenſions de l'alembic qui doit remplir ces conditions par la voie ſuivante.

Des proportions de l'Alembic.

21. Le piſton devant monter dans le cylindre d'un mouvement uniformément retardé, dans le même tems & à une hauteur égale à la profondeur où les piſtons des pompes deſcendent d'un mouvement uniformément accéléré; pour que cela aye lieu, il faut néceſſairement que le piſton du cylindre commence à s'élever avec la même viteſſe qu'ont les piſtons des pompes à la fin de leur chute.

Commençons par chercher l'expreſſion de cette viteſſe; à cet effet, au lieu de x, ſurcharge des piſtons, ſubſtituons ſa valeur $\sqrt{Pm} - p$ dans l'expreſſion $\frac{dt^2 \times (x+p-m)}{l^2(x+p)}$ de la profondeur où deſcendent les piſtons des pompes, (*voyez* cette expreſſion, art. 6) nous aurons $\frac{dt^2 \times \sqrt{Pm} - m}{l^2 \sqrt{Pm}}$ pour l'eſpace que les piſtons parcourent dans leur deſcente.

Imaginons enſuite un plan incliné dont la

longueur AB, repréſente la peſanteur abſolue $\sqrt{P\,m}$ des attirails ; la hauteur AC, leur peſanteur relative $\sqrt{P\,m} - m$;

Ce plan ſera celui le long duquel un grave deſcendra avec la même viteſſe que les piſtons des pompes, puiſque leurs peſanteurs abſolues ſont dans le même rapport que leurs peſanteurs relatives.

Soit fait AN égal à l'eſpace que parcourent les piſtons des pompes dans leur deſcente, c'eſt-à-dire à $\frac{dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2 \sqrt{P\,m}}$ & mené ND parallele à BC; les triangles ABC, AND étant ſemblables donnent $AB : AN :: AC : AD = \frac{AN \times AC}{AB} = \frac{dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)^2}{1^2 \times P\,m}$ qui eſt la hauteur dont un corps étant tombé librement auroit acquis la même viteſſe qu'ont les piſtons des pompes à la fin de leur chute; comme cette viteſſe s'exprime par la racine quarrée de cette hauteur, elle ſera $\frac{t}{1}(\sqrt{P\,m} - m) \times \sqrt{\frac{d}{P\,m}}$ viteſſe avec laquelle le piſton doit commencer à s'élever dans le cylindre.

22. La force de la vapeur & le poids de l'atmoſphère pouvant s'évaluer par celui d'une co-

lonne d'eau de hauteur proportionnelle, nous nommerons H la hauteur de la colonne équivalente à la force de la vapeur dans l'alembic, & b la hauteur de celle équivalente à la preſſion verticale qui s'oppoſe à la montée du piſton du cylindre.

Comme des hauteurs égales donnent des viteſſes égales, il eſt clair que la force réelle de la vapeur, ou la colonne d'eau dont la hauteur ſeroit $H - b$, devant produire la même viteſſe que la hauteur AN qui eſt $\frac{dt^2 \times (\sqrt{Pm} - m)^2}{1^2 \times Pm}$, ces deux hauteurs doivent être égales; ainſi on a l'équation $H - b = \frac{dt^2 \times (\sqrt{Pm} - m)^2}{1^2 \times Pm}$.

de laquelle on tire $H = b + \frac{dt^2 \times (\sqrt{Pm} - m)^2}{1^2 \times Pm}$.

L'on a donc de connu la force que la vapeur doit avoir dans l'alembic, & par conſéquent celle qu'elle doit exercer contre le piſton à l'inſtant où le régulateur s'ouvre.

23. Soit Z la capacité inconnue de l'alembic; b la ſurface trouvée que doit avoir le piſton du cylindre pour ſervir de baſe à la colonne d'air qui met les pompes en jeu; multipliant cette ſurface b par $\frac{dt^2 \times (\sqrt{Pm} - m)}{1^2 \sqrt{Pm}}$ eſpace que

le piſton parcourt dans ſon aſcenſion, on aura pour l'eſpace vuide qu'il laiſſe dans le cylindre & que la vapeur y occupe, l'expreſſion $\frac{b\,dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2\sqrt{P\,m}}$: ajoutant à cet eſpace celui Z que renferme l'alembic, on aura pour l'eſpace où la vapeur ſe trouve répandue lorſque le piſton eſt au haut de ſon jeu,

$$Z + \frac{b\,d\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2\sqrt{P\,m}}$$

24. La force d'une même quantité de vapeur étant en raiſon inverſe des eſpaces qu'elle occupe, on aura cette proportion $Z + \frac{b\,d\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2\sqrt{P\,m}}$ eſpace qu'occupe la vapeur de l'alembic répandue dans le cylindre, eſt à Z, eſpace qu'elle occupoit dans cet alembic, comme $b + \frac{dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)^2}{1^2 \times P\,m}$ force de la vapeur qui y étoit renfermée, eſt au 4eme terme $\frac{Z\,dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)^2 + 1^2 \times Z\,b\,P\,m}{1^2 \times ZPm + bdt^2 \times \sqrt{P\,m} \times (\sqrt{P\,m} - m)}$ qui ſera la force que cette même vapeur aura après s'être étendue dans le cylindre; c'eſt-à-

dire celle qu'elle exercera contre le piſton lorſqu'il ſera parvenu au haut de ſon jeu ; mais, comme nous l'avons dit ci-deſſus, cette force doit alors être anéantie : pour que cela ſoit, elle devra donc faire équilibre avec le poids de la colonne d'eau équivalente au poids de l'atmoſphère, du piſton, de l'eau qui le recouvre & de ſon frottement contre les parois du cylindre ; ce qui donnera l'équation

$$b = \frac{Z\,d\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)^2 + 1^2 \times Z\,b\,P\,m}{1^2 \times Z\,P\,m + b\,d\,t^2 \sqrt{P\,m} \times (\sqrt{P\,m} - m)}$$

d'où l'on tire $Z = \frac{b\,b \times \sqrt{P\,m}}{\sqrt{P\,m} - m}$

Laquelle valeur exprime la capacité que doit avoir l'alembic pour produire l'élévation deſirée du piſton avec la plus grande économie de vapeur.

25. Quant à la figure, celle des alembics n'eſt ſoumiſe à d'autres loix qu'à celle de la commodité & de l'épargne de matiere ; celle-ci indique que, ſous la moindre ſurface poſſible, l'alembic doit contenir la maſſe de vapeur néceſſaire ; or la forme en dôme eſt celle qui ſatisfait à ces conditions.

Remarque.

REMARQUE.

26. On accuſera peut-être d'inexactitude le calcul précédent, en ce que nous avons conſidéré la quantité de vapeur qui ſe trouve dans l'alembic au moment où le régulateur s'ouvre, comme ne recevant aucune augmentation pendant le tems qu'elle s'étend dans le cylindre, ce qui en effet n'eſt pas vrai, parce que l'eau, continuant de bouillir pendant ce tems, fournit de la nouvelle vapeur qui répare en partie celle que perd l'alembic.

Quoiqu'on eût pu aiſément éviter ce reproche en introduiſant dans la formule ci-deſſus l'expreſſion de cette reproduction de vapeur qui a lieu pendant que le régulateur reſte ouvert ; on s'eſt néanmoins cru autoriſé à l'omettre par les raiſons ſuivantes.

1°. On a ſuppoſé que la vapeur ſe répand partout avec une égalité parfaite, de façon que ſous le piſton parvenu au haut de ſon jeu elle aye la même denſité qu'au fond de l'alembic, choſe qui n'arrive pas ; car le paſſage étroit du collet par lequel elle eſt obligée de s'évader pour paſſer dans le cylindre, fait que dans le court eſpace de tems dans lequel cette tranſition a lieu, la vapeur reſte toujours un peu plus forte dans l'alembic que dans le cylindre.

2°. On a négligé de tenir compte de la capacité du collet & de celle de la partie inférieure du cylindre où le piſton ne doit jamais deſcendre, tant à cauſe de la ſaillie du collet par deſſus le fond du cylindre, que de celle du bout du tuyau d'injection; or ces divers eſpaces que la vapeur doit auſſi occuper, peuvent abſorber cette reproduction.

3°. Enfin on a ſuppoſé qu'en paſſant de l'alembic dans le cylindre elle ne rencontroit aucun corps moins chauds qu'elle, qui puiſſent lui faire perdre de ſa force : c'eſt ce qui n'a pas lieu ; le collet, & encore plus le cylindre, ont leur parois moins chauds que l'alembic; le cylindre & ſon piſton ſont à chaque impulſion refroidis par l'injection; outre ce contact la vapeur a encore celui de l'eau d'injection qui recouvre le fond du cylindre, & dont la température eſt moins chaude que la ſienne : toutes ces cauſes inappréciables lui font perdre de ſon efficacité à un point qui non-ſeulement égale, mais même ſurpaſſe l'effet de la reproduction de vapeur qui a lieu pendant que le régulateur eſt ouvert. Pour ôter tout doute ſur cet objet, conſidérons l'accord qu'a ce principe avec les machines de Savery, les plus parfaites qui exiſtent.

Parallèle d'une Machine conſtruite ſur ce principe, avec les Machines les plus parfaites qui exiſtent.

27. Celle du Bois-Boſſu, décrite dans l'Encyclopédie de Paris, & la nouvelle Machine de Freſne, dont parle M. l'Abbé *Boſſut* dans ſon *Hydraudinamique*, étant réputées pour être des plus parfaites, examinons ſi la proportion qui eſt entre la capacité de leur alembic & l'eſpace que laiſſe dans le cylindre le jeu d'aſcenſion du piſton, eſt établie ſur les principes que nous venons de poſer : c'eſt-à-dire, ſi la capacité de leur alembic eſt tellement combinée avec l'eſpace qu'occupe la vapeur lorſqu'elle eſt étendue dans le cylindre, que la force qu'exerce cette vapeur contre le piſton arrivé au haut de ſon jeu, ſoit en équilibre ou égale à la réſiſtance qu'éprouve ce piſton à s'élever.

Commençons par la Machine du Bois-Boſſu : ſon cylindre a 30 $\frac{1}{2}$ pouces de diamètre, le piſton 6 pieds de jeu, ainſi ſon aſcenſion forme dans le cylindre un vuide de 32 pieds cubes.

L'alembic a 4 pieds de fleche, & 9 $\frac{1}{2}$ pieds de diamètre à la baſe ; il eſt formé en dôme ſurbaiſſé, ainſi ſa capacité eſt d'environ 190 pieds cubes. Pendant que le régulateur eſt fermé, la force de la vapeur dans l'alembic eſt ordinaire-

ment équivalente au poids d'une colonne d'eau de 39 pieds de haut, ce dont on juge avec certitude, parce qu'alors elle fait monter l'eau de 7 à 8 pieds dans le tuyau nourricier (*g*).

L'eſpace où la vapeur eſt étendue lorſque le piſton eſt au plus haut point de ſon élévation, eſt de 222 pieds cubes : pour trouver la force que la vapeur exerce alors contre lui, il faut ſe rappeller que les forces d'une même quantité de vapeur ſont en raiſon inverſe des eſpaces qu'elle occupe, & en conſéquence faire cette proportion, 222 : 190 :: 39 : à la force avec laquelle elle ſoulève le piſton, laquelle ſe trouve = 33 $\frac{1}{2}$ (*h*).

Cette force trouvée, voyons quels ſont les obſtacles qui s'oppoſent à l'élévation du piſton ?

(*g*) La force de la vapeur fait équilibre à la preſſion de l'atmoſphère & au poids d'une colonne d'eau de 7 à 8 pieds de haut; comme la preſſion de l'atmoſphère eſt équivalente au poids d'une colonne d'eau de 31 pieds de haut, il s'enſuit que la force de la vapeur eſt à la preſſion de l'atmoſphère comme 39 eſt à 31 environ.

(*h*) C'eſt de cette augmentation & diminution alternative de la force de la vapeur pendant que le régulateur eſt fermé & pendant qu'il eſt ouvert, que vient cette eſpèce de reſpiration de l'alembic qui ſe manifeſte par la fumée qui ſort de ſes joints imperceptibles ; cette fumée eſt alternative comme l'haleine des animaux.

Ce ſont, ſon frottement contre les parois du cylindre, ſon poids, celui de l'eau qui coule ſans ceſſe ſur lui pour en humecter les cuirs & le recouvre conſtamment ſur une hauteur d'au moins un pied, enfin la preſſion de l'atmoſphère.

Or le piſton ayant au moins un pouce d'épaiſſeur de métal, chaque pied quarré de ſa ſurface équivaut en peſanteur à environ un pied cube d'eau, ce que l'on augmentera d'un tiers à cauſe du poids de ſa tige; la colonne d'air qui peſe ſur lui équivaut environ à une colonne d'eau de 31 pieds de haut: ainſi le poids du piſton & de ſa tige, celui de l'eau qui le recouvre & celui de l'atmoſphère, ſont enſemble équivalent au poids d'une colonne d'eau de $33\frac{1}{3}$ pieds: ſi l'on évalue le frottement du piſton à 60 livres, il équivaudra à $\frac{1}{6}$ de pied de hauteur d'eau (*i*) qui ajoutée à la précédente donnera $33\frac{1}{2}$ pour la réſiſtance qui s'oppoſe à l'élévation du piſton; comme elle eſt preſqu'égale à $33\frac{1}{3}$ trouvé pour la force de la vapeur étendue dans

(*i*) La ſurface du piſton eſt de $5\frac{1}{7}$ pieds quarrés ſur leſquels 60 liv. d'eau uniformément répandue, ont environ 2 pouces ou $\frac{1}{6}$ de pied de hauteur; ainſi le frottement du piſton équivaut à une colonne d'eau qui auroit cette hauteur & pour baſe celle du piſton.

le cylindre, cela fait voir que dans la Machine du Bois-Boſſu la capacité de l'alembic eſt proportionnée ſelon les principes que nous avons établis. Paſſons maintenant à examiner celle de Freſne.

28. Le cylindre a 44 pouces de diamètre, le piſton 6 pieds de jeu, ce qui forme dans le cylindre un vuide de 62 pieds cubes, où la vapeur s'étend.

L'alembic a 4 pieds de haut & 13 de diamètre à la baſe, il eſt formé en dôme ſurbaiſſé à peu près en anſe de panier, ainſi ſa capacité eſt d'environ 354 pieds cubes; la force de la vapeur eſt comme ci-devant 39; comme lorſque la vapeur eſt étendue dans le cylindre, elle occupe un eſpace de 416 pieds cubes, on fera la proportion 416 : 354 :: 39 eſt au 4eme terme qui ſera 33 $\frac{1}{7}$, force qu'exerce la vapeur contre le piſton lorſqu'il eſt parvenu au haut de ſon jeu.

La hauteur de la colonne réſiſtante étant auſſi à peu près de 33 $\frac{1}{2}$ comme dans le cas précédent, l'on voit que la capacité de l'alembic de cette machine eſt auſſi proportionnée ſelon les principes que nous avons poſés; c'eſt-à-dire que la vapeur exerce contre le piſton arrivé au haut de ſon jeu, une force égale à la preſſion verticale que ce piſton éprouve.

Aſſurés de la bonté de la formule donnée, continuons nos recherches.

Des tuyaux qui ſortent du chapiteau de l'Alembic.

29. Entr'autres tuyaux, le ciel de l'alembic eſt muni d'un côté 9, qui eſt vertical & fort court ; à ſon ſommet, il a une ſoupape, nommée *ventouſe*, dont l'office eſt d'indiquer au conducteur le moment où la vapeur de l'alembic a acquiſe le degré de force néceſſaire au jeu de la machine.

Pour que cette ſoupape rempliſſe cet office, il faut que ſa ſurface ſupérieure expoſée à l'air, ſoit à ſa ſurface horizontale inférieure expoſée à la vapeur, dans le rapport inverſe des preſſions qui s'exercent contre ces ſurfaces.

Or la ſurface inférieure de la ventouſe eſt pouſſée de bas en haut par la force de la vapeur renfermée dans l'alembic, laquelle force a été trouvée devoir être

$$= h + \frac{d\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)^2}{1^2 \times P\,m}$$

La ſurface ſupérieure de cette ventouſe eſt preſſée par le poids h de l'atmoſphère : pour qu'il y ait équilibre entre ces deux forces, elles doivent être en raiſon inverſe de l'étendue des

ſurfaces ſur leſquelles elles agiſſent ; c'eſt-à-dire, que la ſurface ſupérieure de la ventouſe doit être à celle inférieure, réciproquement comme la preſſion $h + \frac{d\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)^2}{1^2 \times P\,m}$ que la vapeur de l'alembic exerce ſur celle-ci, eſt à la preſſion verticale h que l'atmoſphère exerce ſur la première : moyennant cette proportion, il eſt clair que dès que la force de la vapeur deviendra tant ſoit peu plus grande que celle néceſſaire, l'équilibre entre ces preſſions ſera rompu, la vapeur ſoulevera la ſoupape & donnera au conducteur le ſignal deſiré pour faire jouer la machine ; cette ſoupape aura encore l'avantage de procurer de tems en tems une échappée à la vapeur & d'empêcher, lorſqu'elle augmente de force, qu'elle ne faſſe crever l'alembic.

Quoique le diamètre de ce tuyau ſoit arbitraire, on a cependant coutume de ne lui donner que 4 pouces d'ouverture en quarré.

30. Quant aux autres tuyaux, celui 10, 10, nommé *cheminée*, peut avoir ſa ſoupape conſtruite ſur les mêmes principes ; obſervant ſeulement qu'étant deſtiné à évacuer totalement la vapeur de l'alembic lorſqu'on veut arrêter la machine, ſa ſoupape doit ſe lever avec moins

de facilité que la ventouſe ; ainſi la ſurface ſupérieure de cette ſoupape doit avoir à celle inférieure preſſée par la vapeur, une raiſon tant ſoit peu plus grande que la précédente : ou ſi la raiſon eſt la même, on doit la charger de plomb pour qu'elle ne puiſſe s'élever qu'à l'aide de la main (*k*).

31. Le diamètre du tuyau nourricier eſt auſſi indéterminé, on le fait ordinairement de 1 $\frac{1}{2}$ pouces, ou tout au plus de 2 ; la hauteur de ce tuyau doit être plus grande que celle de la colonne d'eau qui exprime l'excès de la force de la vapeur ſur la preſſion de l'atmoſphère ; par conſéquent un peu plus grande que H—*h*, & cette hauteur doit être priſe depuis la ſurface

(*k*) La valeur de *h* eſt ici le poids d'une colonne d'eau qui auroit pour baſe la ſurface ſupérieure de la ventouſe, & pour hauteur celle réduite formée & par la preſſion de l'atmoſphère & par la peſanteur de la ventouſe.

Comme plus il y a de vapeur diſperſée dans les différens tuyaux 7 7, 10 10, & 5 qui communiquent avec l'alembic, plus la ſurface des parois non chauffés eſt grande, ainſi plus cette vapeur ſouffre de refroidiſſement : on voit qu'il eſt avantageux de ne diſperſer la vapeur que le moins poſſible, ce que l'on obtiendra en faiſant ces tuyaux très-courts, plaçant le robinet *m* fort près de l'alembic, & en en mettant un à la cheminée au lieu de ſoupape.

de l'eau de la chaudière juſqu'au haut de ce tuyau ; il doit deſcendre dans l'eau de la chaudière de 10 à 12 pouces pour ſe trouver au deſſous du bouillonnement de l'eau & n'avoir jamais de communication avec ſa vapeur.

32. Quant aux tuyaux d'épreuve 11, 12, leur diamètre eſt auſſi indéterminé ; il n'en eſt pas de même de leur hauteur au deſſus de l'alembic, laquelle doit être ſeulement ſuffiſante à recevoir un robinet ; mais la profondeur à laquelle ces deux tuyaux doivent pénétrer dans l'alembic a ſes limites ; comme l'un d'eux doit donner de la vapeur juſqu'à la profondeur de 3 pouces par deſſus les rebords de la chaudière ou fond de l'alembic, hauteur que l'eau doit avoir afin d'en recouvrir ces bords; & que l'autre tuyau doit donner de l'eau à environ 3 pouces par deſſus le fond de l'alembic, l'on voit que l'un de ces tuyaux doit ſe terminer à 3 ou 4 pouces, & l'autre à 1 ou 2 pouces par deſſus le fond de l'alembic.

De la Chaudière.

33. La chaudière doit préſenter une aſſez grande ſurface d'eau pour que l'évaporation, pendant que le régulateur eſt fermé, ſoit égale à la quantité de vapeur que dépenſe la machine lorſque le régulateur eſt ouvert.

Pour nous appuyer ſur l'expérience, partons des effets conſtatés que produiſent les chaudières des machines à feu exiſtantes : les prenant pour baſes, il ſera facile d'aſſigner les dimenſions à donner aux chaudières d'une machine d'une grandeur quelconque.

La nouvelle machine de Freſne citée ci-deſſus donne 15 impulſions par minute ; ainſi chaque impulſion dure 4 ſecondes, dont une moitié eſt pour le tems que le piſton monte & que le régulateur eſt ouvert, l'autre pour le tems qu'il deſcend & que le régulateur eſt fermé : or pendant environ ces deux ſecondes que le régulateur eſt fermé, la chaudière produit les 62 pieds cubes de vapeur que le cylindre dépenſe (*).

L'eau de cette chaudière déborde ſur toute la baſe de l'alembic qu'elle recouvre ſur 2 à 3 pouces de hauteur : cette baſe circulaire a 13 pieds de diamètre ; ainſi la ſurface d'eau qui produit l'évaporation eſt de 132 pieds quarrés.

(*) Quoique, outre ces 62 pieds cubes de vapeur, la chaudière produiſe encore tout ce qui s'en perd & par la tranſpiration de l'alembic & des tuyaux, & par le refroidiſſement du cylindre, comme cette perte eſt inappréciable, & qu'elle ſemble proportionnelle au contenu des cylindres, on ne s'attache ici qu'à conſidérer ce contenu.

34. On ſait donc que 133 pieds quarrés de ſuperficie d'eau bouillante produiſent 31 pieds cubes de vapeur par ſeconde.

35. Pour faire uſage de cette connoiſſance, comme nous avons l'expreſſion générale de la quantité de vapeur que le cylindre dépenſe, laquelle a été trouvée $\frac{b\,d\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2\sqrt{P\,m}}$, il faut chercher l'expreſſion du tems pendant lequel le régulateur reſte fermé, c'eſt-à-dire de celui que le piſton employe à deſcendre dans le cylindre de toute machine à feu en général.

Plan. I, Fig. 7. Pour la trouver, imaginons un plan incliné dont la longueur A B ſoit triple de ſa hauteur A C; cette longueur A B ſera à la hauteur A C, comme la peſanteur abſolue de la colonne d'air qui preſſe ſur le piſton, eſt à ſa peſanteur relative. Ainſi ce plan incliné ſera celui le long duquel un corps deſcendroit avec la même viteſſe que celle avec laquelle le piſton deſcend dans le vuide, en faiſant jouer la pompe; car ce corps & ce piſton ſont ſollicités par des forces relatives proportionnelles à leurs peſanteurs abſolues.

Sur ce plan incliné ſoit fait A N égal au jeu trouvé $\frac{dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2 \times \sqrt{P\,m}}$ du piſton, & du

point N ſoit abaiſſée la perpendiculaire N D juſqu'à ce qu'elle rencontre la verticale A C prolongée ; les triangles A B C, A N D étant ſemblables donneront $AD = \frac{3\,dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2 \times \sqrt{P\,m}}$ qui ſera la hauteur dont un grave tombera librement dans le tems pendant lequel le piſton deſcend dans le cylindre.

Les eſpaces parcourus étant entr'eux comme les quarrés des tems, on aura cette proportion; l'eſpace d que parcourt dans une ſeconde un grave qui tombe librement, eſt à l'eſpace $\frac{3\,d\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{1^2 \sqrt{P\,m}}$ que ce même grave parcourra dans un tems inconnu x, comme le quarré 1^2 d'une ſeconde, eſt au quarré $x\,x$ du tems cherché; ainſi $x\,x = \frac{3\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{\sqrt{P\,m}}$ dont extrayant la racine quarrée on aura $\sqrt{\frac{3\,t^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)}{\sqrt{P\,m}}}$ pour l'expreſſion du tems pendant lequel le régulateur eſt fermé, & la chaudière doit fournir la quantité de vapeur que le cylindre dépenſe.

36. La ſurface d'eau de la chaudière doit être

d'autant plus grande, qu'elle doit produire plus de vapeur, & d'autant plus petite que le tems pendant lequel cette production doit avoir lieu, est plus grand. Ainsi *les surfaces d'eau des chaudières, doivent être en raison directe des quantités de vapeur qu'elles doivent produire, & inverse des tems pendant lesquels cette production doit avoir lieu.*

Nommant x la surface cherchée, on aura

$$\frac{132}{x} = \frac{31}{\frac{b\,d\,t^2 \times (\sqrt{Pm} - m)}{1^2 \times \sqrt{Pm}}} \times \frac{\sqrt{\frac{3t^2 \times (\sqrt{Pm} - m)}{\sqrt{Pm}}}}{1}$$

d'où l'on tire $x = \frac{132\,b\,d\,t \times (\sqrt{Pm} - m)}{1 \times 31 \sqrt{3m \times (P - \sqrt{Pm})}}$

surface circulaire que doit avoir la base de l'alembic, & qui doit être couverte par l'eau de la chaudière.

Cette base déterminée, si l'on fait l'alembic en dôme surbaissé en anse de panier, sa capacité devenant égale au produit de sa base par les $\frac{2}{3}$ de sa hauteur : cette hauteur sera exprimée par $\frac{1 \times 31 \times h \times \sqrt{3P \times (P - \sqrt{Pm})}}{88\,d\,t \times (P + m - 2\sqrt{Pm})}$

Le fond de l'alembic ne consiste qu'en une couronne de 12 à 15 pouces de largeur qui sert

de rebord à la chaudière, le reſte de ce fond eſt ouvert & forme la partie ſupérieure de la chaudière qui enſuite va en ſe rétréciſſant vers le fond d'environ 2 pieds. Ce rebord ſert d'appui à l'alembic ; il diminue la chaudière ſans diminuer la ſurface de l'eau bouillante, & laiſſe autour de cet alembic un canal ou eſpace dans lequel on fait circuler la fumée pour la faire coopérer à l'entretien de la chaleur du fluide.

37. Quant à la profondeur de la chaudière, elle ne doit avoir que celle néceſſaire pour contenir aſſez d'eau pour que le feu n'en brûle pas le fond, ainſi 6 à 7 pouces dans le milieu. L'on donne à ce fond une figure convexe, parce qu'on a remarqué que cette figure tranſmettoit au fluide plus de chaleur que lorſque le fond étoit plat : à cet effet on peut porter la profondeur près des bords juſqu'à 1 $\frac{1}{2}$ pied.

38. Quant au fourneau on lui donne la figure d'un ſegment de paraboloïde renverſé, verticalement, on place la grille un peu au deſſous de ſon foyer afin que les parois du fourneau réfléchiſſent la chaleur contre le fond de la chaudière.

La grille ne doit être éloignée de la baſe, ou des bords du fond de la chaudière que de 2 ou 2 $\frac{1}{2}$ pieds au plus; parce qu'on a obſervé que la partie la plus chaude de la flamme étoit vers le

milieu de ſa hauteur ; or celle-ci peut être évaluée à environ 2 pieds, dont prenant la moitié, il reſtera 1 pied ou 1 $\frac{1}{2}$ pour la place qu'occupe le bois, ce qui eſt ſuffiſant. Si les combuſtibles qu'on employe donnoient une flamme moins haute, il faudroit un peu rapprocher la grille de la chaudière.

REMARQUE.

39. Dans toutes les expreſſions que nous avons trouvées, nous avons ſuppoſé donné le tems t, pendant lequel le piſton deſcend dans le corps de pompe ; & de là, outre les autres valeurs, nous en avons auſſi déduit celle de la force H que la vapeur doit avoir dans l'alembic.

Comme on pourroit craindre que la valeur priſe pour t donnât à la vapeur une force H, ſupérieure à celle à laquelle l'alembic peut réſiſter ; il eſt à préſumer que pour éviter cet inconvénient on préférera de prendre pour donnée la force H, à laquelle on ſait par expérience que les alembics peuvent réſiſter, qui eſt équivalente à une colonne d'eau de 39 pieds ; & que de ce donné on tirera les valeurs dont on aura beſoin en ſe ſervant de l'équation

$$H = \frac{h + dt^2 \times (\sqrt{P\,m} - m)^2}{1^2 \times P\,m}$$

de

de laquelle on tirera $t = \frac{1\sqrt{Pm \times (H-h)}}{\sqrt{d \times (\sqrt{Pm}-m)}}$ expreſſion du tems que le piſton employe à monter dans le cylindre.

Subſtituant cette valeur à la place de t dans l'expreſſion $\frac{dt^2 \times (\sqrt{Pm}-m)}{1^2 \times \sqrt{Pm}}$ qui eſt le jeu d'aſcenſion du piſton, on aura pour ce jeu cette autre expreſſion $\frac{(H-h) \times \sqrt{Pm}}{(\sqrt{Pm}-m)}$, & pour le tems de la deſcente du piſton dans le cylindre, celle-ci : $\left(\frac{1}{\sqrt{Pm}-m}\right) \times \sqrt{\frac{3m}{d} \times (H-h) \times (P-\sqrt{Pm})}$

40. Quant à la capacité de l'alembic, ſon expreſſion ne ſouffre aucun changement ; il n'en eſt pas de même de la ſurface de ſa baſe, qui devient $\frac{132\,b \times \sqrt{dPm \times (H-h)}}{31\sqrt{3m \times (P-\sqrt{Pm})}}$

41. Si aux lettres H, h, d on ſubſtitue les valeurs numériques 39, 31, 15, ces expreſſions deviendront $\left.\frac{\sqrt{8P \cdot m}}{(\sqrt{15Pm}-m)\sqrt{15}}\right\}$ nombre de ſecondes

que le piſton employe à s'élever dans le cylindre.

$\left.\frac{8\sqrt{P\,m}}{\sqrt{P\,m}-m}\right\}$ jeu d'aſcenſion du piſton.

$\left.\frac{2\sqrt{\frac{2\,m}{5}\times(P-\sqrt{P\,m})}}{\sqrt{P\,m}-m}\right\}$ tems pendant lequel ſa deſcente s'exécute.

$\left.\frac{63\,b\sqrt{P\,m}}{2(\sqrt{P\,m}-m)}\right\}$ capacité que doit avoir l'alembic.

$\left.\frac{264\,b\sqrt{30\,P\,m}}{31\sqrt{3m\times(P-\sqrt{P\,m})}}\right\}$ ſurface de la baſe de l'alembic.

De l'Injection.

42. Si juſqu'ici l'on a déterminé les loix ſuivant leſquelles chaque partie d'une machine à feu doit opérer, & les proportions qu'elle doit avoir pour produire le plus grand effet, on voit avec regret qu'on ne peut ſe flatter du même ſuccès, lorſqu'on entreprend de fixer la proportion qu'il doit y avoir entre la quantité de vapeur à condenſer dans le cylindre (*l*) &

(*l*) Par quantité de vapeur, on n'entend pas ici le volume qu'elle occupe, mais la ſomme des molécules

la quantité d'eau à y injecter, pour opérer cette condenſation.

En examinant cet objet avec attention, on apperçoit 1°. que chaque molécule d'eau injectée ne ceſſe de condenſer la vapeur tant que cette molécule eſt plus froide que cette vapeur; qu'ainſi cette eau ne perd ſon action ſur la vapeur que quand la quantité qu'elle en a abſorbée lui a donné un degré de chaleur preſqu'égal à celui de la vapeur qui l'environne : 2°. que cette condenſation doit ſe faire d'autant plus rapidement, qu'il y a plus de différence entre la température de l'eau d'injection & celle de la vapeur, & *vice verſa*.

Comme plus l'eau injectée ſera froide, plus elle abſorbera de vapeur avant de recevoir le même degré de chaleur que celle-ci, on en conclut que plus l'eau d'injection ſera froide, moins il en faudra pour condenſer une même quantité de vapeur, & que par conſéquent *les quantités d'eau à injecter, ſont en raiſon inverſe*

---

de vapeur, laquelle ſomme peut être répandue dans des eſpaces différens, & former un plus ou moins grand volume ſans qu'il y ait de changemens dans la quantité des molécules, chacune de celle-ci occupant un plus ou moins grand eſpace, ſelon qu'elle trouve plus ou moins à s'étendre.

de leur excès de froideur ſur la chaleur de la vapeur.

43. Plus la force de la vapeur, ou la ſomme de ſes molécules compriſes ſous un même volume, ſera grande, plus l'injection devra être copieuſe; car ſi pour être abſorbées, dix mille molécules exigent une particule d'eau froide, il eſt clair que ſi ſous un même volume on a vingt mille molécules de vapeur, ces vingt milles molécules ſe trouvant reſſerrées dans un eſpace qui n'eſt que la moitié ds celui qu'occupoient les premières, il faudra deux particules d'eau froide pour les condenſer. D'où il ſuit que *les quantités d'eau injectée, doivent être en raiſon directe de la force de la vapeur*; ainſi joignant ces deux propriétés on aura ce principe: *les quantités d'eau à injecter, doivent être en raiſon inverſe de leur excès de froid ſur la chaleur de la vapeur, & directe de la force de cette vapeur.*

Quant au tems pendant lequel la condenſation s'effectue, & que l'injection doit durer, on apperçoit:

1°. Que plus il y a d'eau injectée dans un même tems, plus la condenſation ſe fait promptement; cela eſt naturel, car dans le même tems il y a un plus grand nombre de molécules d'eau froide en action.

2°. Que la condenſation n'ayant lieu que par l'attouchement des particules d'eau avec la vapeur, plus l'eau injectée préſentera de ſurface à celle-ci, plus cet attouchement ſera étendu, & plus par conſéquent il y aura de molécules de vapeur abſorbées dans ce même tems, d'où naîtra encore plus de promptitude dans la condenſation : de là nous tirons ce principe : *les tems que doivent durer les injections, ſont en raiſon inverſe des quantités d'eau injectées & des grandeurs des ſurfaces ſous leſquelles cette eau ſe préſente à la vapeur.*

44. La quantité d'eau deſtinée pour l'injection devant être élevée par la machine à feu; cette eau fera partie du poids P; ainſi elle ſera elevée aux dépens de la colonne d'eau que l'on puiſe; pour diminuer cet inconvénient, & faire que la machine produiſe le plus grand effet, il ne faut donc employer d'eau d'injection que la moindre quantité poſſible.

Or nous avons vu ci-deſſus que plus l'eau d'injection eſt froide moins il en faut, il s'enſuit donc que pour le plus grand effet de la machine, on doit employer l'eau la plus froide; & que ſi l'on n'en avoit pas de cette température, il faudroit s'étudier à la refroidir par tous les moyens que l'art peut fournir, & qui peuvent être applicables à ce cas.

D'accord avec ces reflexions, l'expérience montre que les machines à feu font un plus grand effet l'hiver que l'été, non ſeulement parce que l'eau étant alors très-froide opére plus promptement & plus complétement la condenſation, mais encore parce que l'air étant plus élaſtique, la colonne qui preſſe ſur le piſton agit avec plus de force. On a encore remarqué que lorſque le baromètre eſt fort haut, l'eau de la chaudiere s'échauffoit plus difficilement, mais qu'en revanche elle étoit ſuſceptible d'un plus grand degré de chaleur.

45. Quant au tems néceſſaire pour effectuer la condenſation, on a vu qu'il eſt d'autant plus court, que la quantité d'eau injectée eſt plus grande, & qu'elle préſente à la vapeur une plus grande ſurface; or cette dernière condition exige 1°. que la petite colonne d'eau aie la plus grande ſuperficie : ce qui aura lieu ſi on fait l'œil de l'ajutage parallelogrammique & non circulaire, comme on l'a fait juſqu'ici, parce qu'un jet cylindrique préſente ſon volume ſous la plus petite ſurface. 2°. Que le jet aille frapper avec force contre le piſton, pour ſe briſer & retomber en pluie, & que l'eau dans ſa chûte partagée en petites goutes, préſente à la vapeur la plus grande ſurface.

Comme l'on ignore la température de l'eau d'injection employée dans les machines exiſtantes, que l'on ne peut connoître la ſurface ſous laquelle cette eau ſe préſente à la vapeur, & qu'on ne ſait pas ſi la quantité d'eau injectée dans ſes machines n'eſt pas trop grande, ou ſi elle eſt juſtement telle qu'il la faut; on manque de donnés pour déterminer exactement la quantité d'eau néceſſaire à l'injection d'une machine quelconque.

Si malgré cette diſette de faits, on vouloit tabler ſur ce qui a lieu dans les machines à feu qui paſſent pour être les plus parfaites, & qu'on voulût adopter pour exacte la proportion qui eſt entre la quantité d'eau d'injection & la quantité de vapeur qu'elle condenſe dans leurs cylindres, pendant le tems connu que leurs régulateurs reſtent fermés, alors on pourroit ſe procurer des réſultats, ſi non rigoureux, du moins aſſez exacts pour la pratique. C'eſt ce que nous allons faire.

Prenons la machine à feu déjà citée de Bois-Boſſu; la quantité d'eau qui à chaque injection s'introduit ſous le piſton eſt d'environ 18 livres. La vapeur qu'elle condenſe a un volume de 32 pieds cubes, & une force preſqu'égale à une colonne d'eau qui en a 33, laquelle eſt la preſſion verticale qui s'exerce ſur le piſton;

l'injection durant près de deux ſecondes, nous pouvons conſidérer ce tems comme celui néceſſaire à l'entière condenſation de cette quantité de vapeur, avec 18 livres d'eau.

La force de la vapeur dans les cylindres des machines propoſées eſt égale à la précédente ; ainſi dans les cylindres de ces machines & dans celui de la machine de Bois-Boſſu, la quantité de vapeur eſt proportionnelle au volume qu'elle y occupe.

Si l'on ſuppoſe que la température de l'eau qu'on veut employer eſt la même que celle de l'eau injectée à la machine de Bois-Boſſu, il eſt évident que la quantité d'injection de celle-ci, ſera à celle de la machine propoſée, en raiſon directe des volumes de vapeur qui doivent être condenſées, & en raiſon inverſe des tems dans leſquels cette condenſation a lieu.

Nous ſuppoſons que dans ces machines l'eau ſoit ſemblablement injectée, afin qu'elle ſe préſente à la vapeur ſous des ſurfaces proportionnelles à ſa maſſe.

Nommons x la quantité d'eau d'injection cherchée, prenons l'expreſſion $\frac{(H-b)\times\sqrt{P\,m}}{\sqrt{P\,m}-m}$ trouvée à l'*article* 39, multiplions-la par b pour avoir le volume de vapeur à condenſer,

prenons enſuite de l'*article* 41 l'expreſſion $\frac{2\sqrt{\frac{2m}{5}(P-\sqrt{Pm})}}{\sqrt{Pm}-m}$ qui eſt celle du tems pendant lequel la condenſation doit ſe faire, & formons la raiſon compoſée $\frac{18}{x} =$

$$\frac{32}{\frac{b(H-b)\sqrt{Pm}}{\sqrt{Pm}-m}} \times \frac{2\sqrt{\frac{2m}{5}(P-\sqrt{Pm})}}{\frac{\sqrt{Pm}-m}{2}}$$

elle nous donnera $x = \frac{9b\sqrt{P(H-b)}}{8\sqrt{\frac{3(P-\sqrt{Pm})}{d}}}$

qui eſt le nombre de livres d'eau qui doit s'employer pour l'injection propoſée (*m*).

(*m*) Si à la place des lettres H, *h*, *d*, on met les mêmes valeurs numériques que ci-devant, on aura $x = \frac{9 \times b\sqrt{2P}}{4\sqrt{\frac{P-\sqrt{Pm}}{5}}}$ & ſi au lieu de prendre pour connue la force H de la vapeur, on eût pris le tems *t* de la deſcente des piſtons des pompes, on auroit eu

$$x = \frac{9 \times b\,d\,t\,(\sqrt{Pm}-m)}{1^2 \times 8\sqrt{3m(P-\sqrt{Pm})}}$$

46. La quantité d'eau à injecter, & le tems pendant lequel l'injection doit s'effectuer étant déterminés, il paroîtra peut-être indifférent à quelle hauteur on place la cuvette d'injection, ou quelle ſurface on donne à l'œil de l'ajutage; vu que l'une de ces deux choſes étant priſe arbitrairement, l'hydro-dynamique détermine avec facilité quelle doit être la dimenſion de l'autre, pour que le jet dépenſe la quantité d'eau requiſe dans le tems donné: mais les raiſons que je vais alléguer feront voir que la hauteur de la cuvette & la grandeur de l'œil de l'ajutage, ſont ſoumiſes à pluſieurs conſidérations.

Le jet doit jaillir avec force pour frapper contre le piſton, lorſqu'il eſt parvenu au haut de ſon jeu; cette condition exige que la cuvette ſoit placée plus haut que le point où le piſton peut s'élever, & que ſa hauteur ſurpaſſe celle du jeu de ce piſton d'une quantité ſuffiſante pour procurer au jet l'effet déſiré; d'où l'on juge que l'élévation de la cuvette doit être double ou triple, & peut-être plus encore du jeu du piſton.

On ſera tenté de la placer encore plus haut, ſi on conſidère que rendant par-là le jet plus rapide on pourra diminuer l'œil de l'ajutage, & par conſéquent le volume du jet; double

raiſon pour que dans ſon choc contre le piſton, ce jet ſe diviſe, s'éparpille davantage, & par conſéquent préſente à la vapeur une plus grande ſurface qu'il n'eût fait en reſtant plus épais & moins rapide.

Mais d'un autre côté on apperçoit que plus on éleve cette cuvette, plus la colonne d'eau que l'on peut puiſer diminue; parce que l'élévation de l'eau d'injection, exigeant d'autant plus de force que la cuvette où elle doit être portée eſt haute, cette force ne pourra être employée qu'aux dépens de la colonne d'eau puiſée, ce qui diminuera ſa maſſe, & par conſéquent l'effet de la machine; cela doit donc rendre très-circonſpect ſur l'emplacement de la cuvette d'injection: nous remarquerons en paſſant que dans la machine de Savery, cette cuvette eſt élevée de 36 pieds, ce qui nous paroît beaucoup.

Etant néceſſaire que la quantité d'eau injectée ſoit conſtamment la même, pour obtenir ce but, il faut qu'au moment où chaque injection commence, l'eau de la cuvette ſoit toujours au même niveau; or un tuyau de décharge placé à la hauteur où l'on jugera à propos de tenir cette eau, remplira parfaitement cet objet.

47. Comme on doit continuellement hu-

mecter la tête du piſton, tant pour entretenir la ſoupleſſe des cuirs, que pour fermer à l'air toute entrée dans le cylindre, il faudra augmenter la colonne d'eau qu'on éleve pour l'injection, de la quantité que cet objet en exige.

Tuyaux par leſquels l'eau d'injection s'évacue.

48. L'eau d'injection devant s'évacuer après que la condenſation eſt faite, cette évacuation s'opére par la force de la vapeur qui, preſſant en tout ſens, à ſon entrée dans le cylindre, comprime l'eau d'injection qui recouvre le fond, & la force d'entrer dans le rameau d'évacuation où elle ſe partage dans deux autres, dont l'un 3, 3 communique au tuyau nourricier 4, & va nourrir la chaudière, & l'autre 2, 2 va ſe rendre dans la citerne,

Plan. I, fig. 2 & 10.

49. Quant à ce premier tuyau 3, 3; s'il n'a point de robinet, ſon diamètre doit être aſſez petit pour qu'à chaque impulſion il ne puiſſe y entrer que la quantité d'eau que la chaudière dépenſe. On a coutume de le faire tel qu'il ne reçoive que le quart de l'eau injectée. Pour que cette proportion fût juſte, il faudroit que la dépenſe de la chaudière fût égale au quart de l'injection; qu'ainſi la chaudière de la machine de Bois-boſſu dépenſât $4\frac{1}{2}$ livres d'eau

à chaque impulſion, ce qui eſt exhorbitant ; car 4 ½ livres d'eau réduites en vapeur en produiſent au delà de 800 pieds cubes, quantité de 25 fois ſupérieure à celle 32 néceſſaire à remplir l'eſpace que laiſſe le jeu d'aſcenſion du piſton : ainſi il faudroit que le reſte 768 fût en pure perte, & abſorbé par la tranſpiration & par le refroidiſſement du cylindre : au reſte quel que ſoit le diamètre de ce tuyau 33, s'il eſt muni d'un robinet, en tournant celui-ci, on eſt à même de n'y faire paſſer que la quantité d'eau que l'on jugera ſuffiſante pour entretenir celle de la chaudière à un niveau conſtant.

50. Quant au ſecond tuyau 2, 2 ; ſon orifice inférieur aboutit au fond d'une petite citerne, il eſt muni d'une ſoupape recouverte de plomb ; l'on entretient conſtamment l'eau de cette citerne à la hauteur de 2 ou 2 ½ pieds moyennant un tuyau de décharge ; les ſurfaces de cette ſoupape doivent être proportionnées de manière que quand le cylindre eſt vuide, elle n'y laiſſe entrer ni eau, ni air, & quand la vapeur entre dans le cylindre, elle force cette ſoupape à s'élever & laiſſer paſſer l'eau d'injection dans la citerne.

Or pour obéir à ces mouvemens, la ſurface ſupérieure de cette ſoupape doit être à ſa ſur-

face inférieure en raiſon inverſe des preſſions qui s'exercent contr'elle.

Fig. 10. La ſurface ſupérieure de la ſoupape eſt preſſée par le poids de l'atmoſphère, plus le poids de l'eau de la citerne; ſa ſurface inférieure l'eſt par le poids de la colonne d'eau qui a pour hauteur la différence de niveau entre le fond du cylindre & le bas t de la ſoupape, plus le poids la colonne équivalente à la force de la vapeur qui eſt dans le cylindre.

Comme la force de la vapeur qui eſt dans le cylindre, varie à chaque inſtant, nous prendrons le moment où elle en a le moins, ainſi celui où elle fait équilibre au poids de l'atmoſphère; afin que pendant le tems que cette vapeur agit contre le piſton, elle puiſſe évacuer l'eau d'injection; ainſi nommant bt, l'excès de hauteur du fond du cylindre ſur le fond de la ſoupape; h la preſſion de l'atmoſphère, &, tn la hauteur de l'eau de la citerne au deſſus de la ſoupape; S, la ſurface ſupérieure de cette ſoupape; & X, ſon inférieure; on aura $S : X :: h + bt : h + tn$ ce qui donnera $X = S \times \frac{(h + tn)}{h + bt}$ d'où l'on voit que ſi tn étoit égal à bt, on auroit $X = S$; & que ſi tn étoit plus grand que bt, c'eſt-à-dire ſi la ſurface de l'eau de la citerne étoit

plus élevée que le fond du cylindre, on auroit X plus grand que S ; ce qui exigeroit que la ſurface inférieure de la ſoupape fût plus grande que la ſupérieure ; comme cela eſt impoſſible, il s'enſuit que *la ſurface de l'eau de la citerne peut tout au plus être auſſi haute que le fond du cylindre, mais jamais plus.*

Du Réſervoir proviſionel.

51. Outre qu'il doit contenir aſſez d'eau pour en remplir & la cuvette & la chaudière, le réſervoir proviſionel doit être placé de façon que quand l'alembic eſt plein de vapeur, & que les tuyaux d'épreuves annoncent qu'il y a trop peu d'eau dans la chaudière, on puiſſe encore y en faire paſſer. Or la vapeur preſſe avec toute ſa force ſur l'orifice du tuyau de conduite qui communique de l'alembic au fond du réſervoir proviſionel, & s'oppoſe à ce que l'eau de ce tuyau entre dans la chaudière ; d'un autre côté l'atmoſphère & la hauteur de l'eau de ce réſervoir, preſſent celle du tuyau de conduite pour paſſer dans l'alembic ; ſi l'on veut que ce dernier effet aye lieu, il faut que cette dernière preſſion ſoit ſupérieure à la première : ainſi ſoit x ; la hauteur de l'eau dans le réſervoir au deſſus de l'orifice du tuyau de conduite ; h, le poids de l'atmoſphère ; H, la force de la vapeur Fig. 10.

dans l'alembic ; pour avoir l'équilibre il faut que $x + h = H$, & $x = H - h$, & pou que l'eau coule il faut que $x > H - h$; comme la hauteur à laquelle l'eau de la chaudière s'éleve dans le tuyau nourricier repréſente la valeur $H - h$, il s'enſuit que *pour pouvoir introduire l'eau du réſervoir proviſionnel dans la chaudière pendant que la machine joue, la ſurface de l'eau dans le réſervoir proviſionnel doit être de 5 à 6 pouces plus haute que celle à laquelle l'eau s'élève dans le tuyau nourricier.*

Des Godets.

52. Le cylindre eſt muni de deux godets, chacun garni d'une ſoupape, leſquels doivent remplir des objets différens; un de ces godets eſt placé au bout du rameau 1, 1 ; les fonctions de ſa ſoupape ſont, l'une de laiſſer entrer de l'eau tiède dans les tuyaux qui y aboutiſſent; & alors c'eſt à la main qui s'acquitte de cette opération, à lever cette ſoupape & la tenir ouverte tant que cette introduction dure; l'autre d'empêcher que l'eau d'injection n'y paſſe, lorſque la vapeur du cylindre la refoule dans ces tuyaux. Pour que cette ſoupape faſſe ces fonctions, elle doit être conſtruite de manière

nière que ſes ſurfaces ſupérieures & inférieures ſoient en raiſon inverſe des preſſions qu'elles ont à ſupporter.

Or la ſurface ſupérieure de cette ſoupape eſt preſſée par le poids de l'atmoſphère; la ſurface inférieure l'eſt par la force de la vapeur dans le cylindre, plus le poids de la colonne d'eau qui a pour hauteur la différence de niveau entre le fond du cylindre & la baſe de cette ſoupape: pour que cette dernière preſſion puiſſe vaincre l'autre, quand l'eau d'injection doit paſſer dans la citerne, il faut que la preſſion qu'éprouve la ſurface inférieure de cette ſoupape, ſoit un peu plus petite que celle qui s'exerce ſur ſa ſurface ſupérieure; ainſi nommant S cette ſurface ſupérieure; x, l'inférieure; H, la force de la vapeur dans l'alembic; b, celle de la colonne d'air; &, a l'excès de niveau entre le fond du cylindre & le bas de la ſoupape, on aura $x : S :: b : H + a$; d'où l'on tire $x = \frac{b\,S}{H + a}$.

53. L'autre godet S eſt placé plus haut, la fonction de ſa ſoupape que l'on nomme *reniflante*, eſt toute différente de celle de la précédente; cette ſoupape doit empêcher la vapeur qui eſt dans le cylindre d'en ſortir; mais elle doit laiſſer une iſſue à l'air, & par conſé-

quent pouvoir en être soulevée, lorsqu'il s'en trouvera dans le cylindre, pendant que la machine jouera ou sera prête à jouer

Quoique les fonctions de cette soupape paroissent difficiles à remplir, il est cependant aisé de la mettre à même de s'en bien acquitter; à cet effet nommons S sa surface supérieure, x son inférieure; H, la force de la vapeur dans l'alembic, & enfin h le poids de l'atmosphère, je dis que si $x = \frac{h\,S}{H}$ la soupape remplira l'objet désiré.

Car pour que cette soupape ne puisse laisser échapper la vapeur qui est dans le cylindre, il faut que cette vapeur exerce contre la surface inférieure de cette soupape, une pression moindre que celle que l'atmosphère exerce sur sa surface supérieure. Or si ces surfaces sont en raison inverse des pressions; celles-ci seront en équilibre, & la soupape ne sera pas élevée par la vapeur; ce qui arrivera encore moins si pour l'expression de la force de la vapeur dans le cylindre on prend celle la plus forte, ainsi celle H qu'à la vapeur dans l'alembic; or la valeur ci-dessus de x, étant le résultat de cette proportion, on en conclud que cette soupape ne laissera point passer de vapeur.

A préſent il faut faire voir qu'elle laiſſera paſſer l'air.

Lorſque l'eau d'injection ou quelqu'autre cauſe aura introduit de l'air dans le cylindre, cet air ſe trouvant dans ce milieu échauffé, ſe dilatera, & acquerra une force bien ſupérieure à celle de la vapeur; ainſi il forcera la ſoupape à s'élever, & auſſi-tôt qu'il ſe ſera évacué, la colonne d'air refermera la ſoupape.

54. Quant au tuyau 7, il doit être immédiatement au deſſus de l'eau d'injection qui couvre le fond du cylindre, parce que l'air qui eſt dans l'eau d'injection, en ſe dégageant lorſque la condenſation occaſionne un vuide dans le cylindre, ſe précipite dans ce vuide comme le vif argent dans l'eau, & va ſe placer ſur la ſurface de l'eau d'injection, où, trouvant à ſa portée l'iſſue 8, elle y paſſe lorſque l'introduction de la vapeur dans le cylindre vient l'y obliger.

REMARQUE.

55. Je ne vois pas qu'il y ait rien à dire ſur le marteau & l'étrier qui donnent le mouvement au régulateur & au robinet d'injection; chacun appercevant que la peſanteur de ce marteau doit être proportionnée aux frotemens qu'il a à vaincre dans les mouvemens qu'il produit.

Fig. 10. Il me reſte à parler du tuyau 15 & 14 qui doit évacuer le ſuperflu de l'eau qui coule ſur la tête du piſton. Comme cette évacuation n'a lieu que pendant le peu d'inſtans que le piſton eſt en haut, il faut que le diamètre de ce tuyau ſoit aſſez grand pour dans ce moment recevoir tout l'eau qui s'eſt écoulée pendant le tems de l'impulſion. Dans la machine de Bois-Boſſu ce tuyau a 4 pouces de diamètre.

Les dimenſions de toutes les parties d'une machine à feu fixées, paſſons maintenant à examiner les changemens qui arrivent à la vapeur pendant l'injection, cette recherche mène à des réſultats utiles.

Des changemens qui arrivent à la vapeur pendant l'injection.

56. Il eſt certain que la condenſation de la vapeur ne ſe fait pas dans un inſtant; car ſi cela étoit, l'injection ne devroit auſſi durer qu'un inſtant; & c'eſt ce que l'expérience dément, puiſque dans les machines connues cette injection dure environ deux ſecondes.

Il eſt auſſi certain qu'à meſure que la vapeur eſt abſorbée par l'eau injectée, la vapeur reſtante diminue de force; car ſi cela n'arrivoit pas, le piſton ne pourroit jamais deſcendre.

Nous avons trouvé que la colonne d'air qui preſſe ſur ce piſton, devoit peſer une fois & demie le poids à élever P : mais la force que cette colonne exerce ſur ce poids, n'eſt que l'excès de ſa preſſion ſur celle que lui oppoſe la vapeur renfermée dans le cylindre; ainſi pour que le piſton commence à deſcendre, & à élever le poids P, il faut que cet excès ſoit ſupérieur à ce poids; ce qui arrivera quand, par la condenſation, la vapeur aura perdu un peu plus des $\frac{2}{3}$ de ſa force : ou ce qui revient au même, quand il y aura un peu plus des $\frac{2}{3}$ de cette vapeur de condenſé.

Cela eſt hors de doute; car lorſque par la condenſation la vapeur aura perdu ſeulement les $\frac{2}{3}$ de ſa force primitivement égale à la preſſion verticale qui s'exerce ſur le piſton, il lui reſtera encore une force égale au tiers de cette preſſion & directement oppoſée; la colonne d'air qui preſſera le piſton dont cette force détruit $\frac{1}{3}$ n'agira qu'avec les $\frac{2}{3}$ de la ſienne; par conſéquent avec un poids égal à celui P, il y aura donc équilibre, & point de mouvement; le piſton ſera ſur le point de deſcendre & d'élever l'eau : mais ne pourra pas encore le faire.

57. Puiſqu'il doit y avoir plus des $\frac{2}{3}$ de la vapeur de condenſé dans le cylindre, pour que le piſton de celui-ci puiſſe deſcendre; & que

cette condenſation ne ſe fait pas dans un inſtant, il s'écoulera néceſſairement un certain tems avant qu'elle ſoit effectuée; or que fera ce piſton pendant ce tems? fera-t-il une pauſe pour attendre que cette condenſation ſoit faite? non, celui de la pompe ne le lui permet pas; car comme il l'a alors atteint dans ſa courſe, & que par ſa chûte il a acquis une grande quantité de mouvement, il la lui communiquera, l'entraînera en haut en partageant ſa force avec lui & ſe mouvant également, juſqu'à ce que la condenſation de la vapeur ſoit arrivée au point néceſſaire pour procurer à la colonne d'air la prépondérance ſur le poids; alors le piſton deſcendra & élevera l'eau dans la pompe.

Or le jeu des piſtons ainſi que le tems qu'ils employeront à le parcourir, ſera dans ce cas un peu plus grand que celui que l'on déſiroit; & ce jeu ne s'exécutera pas en entier par un mouvement uniformément accéléré; mais par un mouvement mixte qui ſera accéléré juſqu'à ce que les piſtons ſe ſoient rencontrés dans leur courſe, & enſuite retardé par le poids de l'atmoſphère qui exerce ſur le piſton du cylindre une preſſion dont l'efficacité ou la force réelle augmente fait à fait que l'injection en condenſant la vapeur en diminue la force; mais

ſelon quelle loi cette viteſſe des piſtons des pompes ſera-t-elle retardée ? c'eſt ce qu'on ne ſauroit déterminer, à moins qu'on ne connût celle ſuivant laquelle l'injection diminue ſucceſſivement la force de la vapeur.

Quoique privé de cette connoiſſance, on peut cependant tirer beaucoup d'avantages des formules données, ſi, eu égard à ce que les cauſes précédentes augmentent le tems pendant lequel ſe fait & le jeu du piſton du cylindre & celui des piſtons des pompes, au lieu du tems entier, ou au lieu de la force entière H de la vapeur, on a l'attention d'introduire dans les formules une valeur plus petite de $\frac{1}{7}$ ou de $\frac{1}{8}$ que cette force; alors le jeu de la machine ſera très-approchant de celui que l'on veut avoir, & on pourra toujours le régler avec juſteſſe par le moyen des chevilles mobiles qui ſont appliquées à la couliſſe, moyennant leſquelles le conducteur rend à volonté le jeu des piſtons plus grand ou plus petit, par conſéquent plus lent ou plus vif.

58. Comme les petits changemens qu'on a remarqués ci-deſſus dans le jeu des piſtons pourroient faire naître à des calculateurs trop ſcrupuleux, des doutes touchant l'utilité des formules données ; nous allons les raſſurer en leur faiſant obſerver que quoique réglés

ſur ces formules, les mouvemens du piſton ſeront cependant dans la pratique ſoumis à ces changemens, parce que quelques-unes des ſuppoſitions ſur leſquelles nous avons tablé n'étant pas exactes, ſont cauſe que le piſton du cylindre monte un peu moins vîte, & qu'il eſt par conſéquent atteint dans ſa courſe par celui de la pompe dont le mouvement s'éteint avec le ſien, après qu'il a parcouru le jeu qui lui étoit preſcrit.

En effet nous avons ſuppoſé que le régulateur ſe fermoit, & que le robinet d'injection s'ouvroit au même inſtant que le piſton étoit parvenu au haut de ſon jeu; cela n'arrive pas avec cette préciſion; car en jouant, la couliſſe ouvre le robinet d'injection l'inſtant avant que le piſton ait fini ſon jeu: or ce robinet ne s'ouvre qu'après que le régulateur eſt fermé; celui-ci doit donc s'être fermé pluſieurs inſtans avant que le piſton du cylindre ait atteint le haut de ſon jeu; mais le régulateur ſe fermant plutôt qu'on ne l'avoit ſuppoſé, il doit entrer moins de vapeur dans le cylindre; ainſi elle n'aura pas la force de pouſſer le piſton, ni ſi vîte, ni ſi haut, d'où il arrivera qu'il ſera plutôt rejoint par celui de la pompe, de la quantité de mouvement duquel il faudra qu'il profite pour achever de monter à la hauteur qui lui eſt preſcrite;

& il aura d'autant plus beſoin de ſon aide que la force de la vapeur eſt, comme on l'a déjà dit, toujours fort affoiblie par le refroidiſſement du cylindre occaſionné par l'injection & par l'air extérieur qui ſuit le piſton dans ſa deſcente.

Cette diminution de force de la vapeur dans le cylindre qui vient 1°. de ce qu'elle a plus d'eſpace à occuper que celui que laiſſe le jeu du piſton; 2°. de ce que le régulateur ſe ferme avant que ce piſton ait fini ſon jeu; 3°. du refroidiſſement de la vapeur dans le cylindre; cette diminution de force, dis-je, eſt conſtatée par l'expérience; elle exiſte, & ſe fait appercevoir dans les machines qui ont leur cylindre, leur jeu & leur alembic proportionnés ſelon les formules que nous avons établies.

Déſaguillier rapporte à ce ſujet d'avoir obſervé qu'à ſon entrée dans le cylindre la force de la vapeur étoit ordinairement de $\frac{1}{10}$ plus forte que la preſſion verticale qui s'oppoſe à la montée du piſton, & que durant le jeu d'aſcenſion du piſton elle n'étoit jamais moindre de $\frac{1}{10}$ de cette preſſion.

59. Comme pour donner une formule analogue à ce mouvement mixte du piſton, il faudroit tenir compte du tems qui s'écoule depuis l'inſtant où le robinet ſe ferme & où l'in-

jection commence, jusqu'a celui où le piston achève de monter; connoître la loi suivant laquelle l'injection opère pour anéantir le jeu d'ascension, & savoir à quel degré le refroidissement du cylindre diminue la force de la vapeur: la plupart de ces choses étant indéterminables, il est évident que cette formule ne pourroit être fondée que sur des hypothèses, qu'elle auroit le désavantage d'être compliquée, & ce qui est encore pire, de n'être d'aucune utilité.

Ne pouvant donc suivre ici la nature dans ses opérations, il est bien plus sage de choisir des voies simples qui en les côtoyant menent à des résultats conformes à l'expérience & dont on puisse faire usage dans la pratique; tels sont ceux que nous offrent les formules données; les meilleures machines existantes en constatent la bonté. S'il y a une exception à faire, c'est à la formule qui exprime le tems de la descente du piston dans le cylindre, lequel est plus grand que la formule ne le donne, par des raisons que l'on tire des observations suivantes.

Le piston du cylindre commence à descendre avant que la vapeur soit entièrement condensée; pendant qu'il descend il reste donc encore de la vapeur dans le cylindre: la force

de cette vapeur étant directement oppoſée à celle de la colonne d'air qui preſſe ſur le piſton, il n'y a jamais que l'excès de celle-ci ſur l'autre, qui faſſe effet ſur le poids P; d'où il ſuit, 1°. que le piſton ne pourra deſcendre auſſi librement que ſi le cylindre étoit vuide d'air; qu'ainſi il emploiera plus de tems dans ſa deſcente.

2°. Que la colonne d'air n'agiſſant pas avec toute ſa peſanteur abſolue ſur le poids à élever P, l'on doit par conſéquent être très-attentif ſur cet objet, & donner à cette colonne une aſſez grande prépondérance ſur ce poids, pour qu'elle puiſſe l'élever avec avantage, malgré la réſiſtance que lui fait la vapeur.

3°. Que la vapeur ſe condenſe plus vîte quand le piſton a commencé à deſcendre; que ce piſton ne peut deſcendre; & voici comment je le démontre.

6o. Le piſton ne commence à deſcendre que lorſque la vapeur a perdu une quantité infiniment petite au delà des $\frac{2}{3}$ de ſa force; & il commence ſa deſcente avec une force accélératrice & une vîteſſe qui ſont infiniment petites. Si la condenſation de la vapeur ne ſe faiſoit qu'avec une vîteſſe égale à celle avec laquelle le piſton deſcend, l'excès de force de la colonne d'air ſur le poids P & ſur la force de la vapeur, ſe-

roit toujours infiniment petit ; puiſque cette vapeur ſe trouvant reſſerrée par la deſcente du piſton dans la même proportion qu'elle s'abſorbe, ſa force contre le piſton ſeroit toujours la même. Le piſton n'étant dans ce cas pouſſé que par une force accélératrice infiniment petite, ne parcourroit qu'un eſpace infiniment petit dans un tems fini, ce qui eſt démenti par l'expérience ; puiſque le jeu de deſcente du piſton s'exécute toujours dans un tems fini ; donc lorſque le piſton commence à deſcendre la vapeur ſe condenſe plus vîte que ce piſton ne peut la ſuivre. Donc pendant l'injection la force de la vapeur contre le piſton va toujours en diminuant. Donc la force accélératrice de ce piſton va alors toujours en augmentant ; donc ſon mouvement d'accélération ſera celui qu'auroit un corps placé ſur une ſurface convexe A B C : particularité fort intéreſſante. Cette recherche eſt ſi étendue que l'on n'auroit jamais fini, ſi on vouloit en parcourir tous les détails.

Plan. I, Fig. 9.

61. Comme une machine à feu ſeroit ſujette à de fréquentes réparations, ſes parties ayant trop à ſouffrir, ſi elle donnoit un trop grand nombre d'impulſions par minute, on doit éviter de leur donner un jeu trop rapide. L'expérience fait voir qu'elles ſont dans ce cas, lorſ-

qu'elles donnent plus de ſeixe à dix-ſept impulſions par minute ; on admettra donc cette limite pour celle de leur plus grande activité, quand même le *maximum* d'effet en exigeroit une plus grande. Ainſi chaque impulſion ſe fera environ en 4 ſecondes; & on pourra évaluer à environ 2 ſecondes le tems que le piſton emploie à monter dans le cylindre; & à environ 2 ſecondes celui qu'il emploie à deſcendre, & celui pendant lequel le régulateur eſt fermé.

Dans ce cas on aura $t = 2$, ainſi le nombre de livres d'eau néceſſaire à l'injection ſera $\frac{9\,b\,d\,(\sqrt{P\,m} - m)}{4\sqrt{P\,m}}$, & la ſurface de la baſe de l'alembic $\frac{264\,b\,d \times (\sqrt{P\,m} - m)}{31\sqrt{P\,m}}$

REMARQUE.

62. Quoiqu'on ait ſuppoſé la preſſion de l'atmoſphère équivalente à celle d'une colonne d'eau de 31 pieds de haut, meſure de Paris, & en conſéquence ſubſtitué dans les formules le nombre 31 au lieu de b, on doit cependant obſerver de ne prendre pour cette preſſion que celle déſignée par la hauteur moyenne du mer-

cure dans le baromètre (*n*) à l'endroit où doit s'établir la machine ; car ſi celle-ci devoit s'établir à Londres où la hauteur moyenne du mercure eſt d'environ 27 $\frac{36}{100}$ de pouces, meſure de Paris ; le mercure ayant 13 $\frac{1}{2}$ fois plus de peſanteur que l'eau, la colonne de cette hauteur équivaut à une colonne d'eau de même baſe & de 30 pieds 9 pouces de hauteur. Le pied cube d'eau douce peſant 70 liv. poids de Paris, une colonne d'eau de cette hauteur ſur un pied quarré de baſe, conſéquemment la colonne d'air d'un pied quarré de baſe ne doit s'évaluer à Londres qu'à 2152 liv.

A Vienne en Autriche, où l'élévation moyenne du mercure eſt d'environ 26 $\frac{1}{2}$ pouces (toujours meſure de Paris) la preſſion de l'atmoſphère

---

(*n*) Par hauteur moyenne du baromètre, on n'entend pas celle arithmétique ; c'eſt-à-dire ſi le mercure varie depuis 24 juſqu'à 27 pouces, que 25 $\frac{1}{2}$ ſera la hauteur moyenne ; mais par cette hauteur on entend celle qui donne la quantité de mouvement moyenne ; ainſi la hauteur qui naît de la ſomme des hauteurs du mercure obſervée à chaque jour de l'an, diviſée par le nombre de ces obſervations.

Lorſque cette hauteur eſt inconnue, & que l'on n'a pas le tems de faire les obſervations néceſſaires pour la déterminer, on eſt obligé de ſe contenter de la hauteur moyenne arithmétique.

n'équivaut qu'à celle d'une colonne d'eau de 29 $\frac{81}{100}$ pieds de hauteur, ainſi le poids de l'atmoſphère ſur une ſurface d'un pied quarré eſt de 2086 liv.

Enfin ſi on avoit à établir une machine à feu ſur quelques terreins fort élevés, où l'élévation moyenne du baromètre ne fût que de 25 pouces, le poids de la colonne d'air y équivaudroit celui d'une colonne d'eau de 28 $\frac{125}{1000}$ de pouces, & pour b il faudroit introduire cette valeur dans les formules.

Quant à la preſſion de l'air ſur le piſton du cylindre, pour la calculer on multipliera le nombre de pieds quarrés de la ſurface de ce piſton par 1963 liv. qui eſt la peſanteur qu'auroit en cet endroit la colonne d'air dont la baſe ſeroit d'un pied quarré.

Pour mieux faire ſentir l'importance de cette remarque, ſuppoſons que la machine à établir à chacun de ces divers endroits, doive équivaloir une puiſſance de 30 milliers.

Si pour le poids de la colonne d'air l'on prenoit conſtamment celui d'une colonne d'eau de 31 $\frac{1}{2}$ pieds de hauteur, on auroit 13 $\frac{23}{36}$ pieds quarrés pour la ſurface que devroit avoir le piſton du cylindre, & 50 pouces pour ſon diamètre; mais en prenant les peſanteurs moyennes de l'atmoſ-

phère relatives à ces divers endroits, on trouve qu'à Londres le cylindre devroit avoir 50 $\frac{2}{3}$ pouces de diamètre, à Vienne 51 $\frac{1}{2}$, & qu'au dernier endroit il devroit en avoir 53; différence très-grande, parce que dans les machines à feu bien proportionnées, les effets ne ſont pas entr'eux comme les diamètres des cylindres, mais bien comme les quarrés de ces diamètres.

Comme fait à fait que l'on s'éloigne du niveau de la mer le terrain va ordinairement en s'élevant, & le mercure en baiſſant dans le baromètre, ce qui montre que le poids de la colonne d'air diminue; on voit, ſur-tout dans les pays très-élevés, qu'il eſt de la dernière conſéquence de connoître le poids de la colonne d'air qui répond à l'endroit où la machine doit s'établir.

Obſervations ſur le poids des Attirails.

63. Preſqu'aucunes des machines à feu qui exiſtent n'élevent la quantité d'eau qu'elles pourroient élever, la principale raiſon de ce défaut eſt le poids des attirails des pompes; il eſt de ces machines qui ont des dimenſions égales, mais qui ſont employées à puiſer l'eau de puits de différentes profondeurs; plus ces puits ſont profonds, plus les attirails ont dû

avoir

avoir de longueur, & par conſéquent de peſanteur. En conſéquence de ce ſurplus de poids on a diminué la colonne d'eau qu'elles avoient à élever ; témoin l'ancienne Machine de Freſne citée par Bélidor, dont le cylindre avoit 30 pouces de diamètre. Comme elle puiſoit l'eau à 276 pieds de profondeur, le poids des attirails y étoit d'environ 4 mille livres ; & celui de la colonne d'eau élevée de 5462.

La Machine de Bois-Boſſu dont le cylindre a 30 $\frac{1}{2}$ pouces de diamètre, puiſe l'eau à 242 pieds de profondeur ; le poids des attirails eſt d'environ 3000 livres, & celui de la colonne d'eau élevée de 6527.

On apperçoit aiſément que l'eau élevée par la première machine eſt, à proportion de la puiſſance, moindre que celle élevée par celle-ci ; car les colonnes d'eau qu'elles élevent ayant la même viteſſe (puiſque le jeu de leurs piſtons eſt le même, & ſe fait dans le même tems), les effets ſont comme ces colonnes diviſées par les puiſſances reſpectives.

Comme au lieu de ces puiſſances on peut prendre les quarrés des diamètres de leurs piſtons ; l'effet de la première machine ſera repréſenté par $\frac{5462}{30\times30} = 1,52$ & celui de la ſeconde

par $\frac{6527}{30\frac{1}{2}\times 30\frac{1}{2}} = 1,75$ qui, comme on le voit, eſt d'environ $\frac{1}{8}$ plus grand que le précédent. Il n'y a pas à douter que le poids des attirails ne ſoit en grande partie cauſe de ce défaut; puiſque dans la première machine ce poids eſt au poids total que la puiſſance éleve, comme 8 eſt à 19, & dans la ſeconde ſeulement comme 6 à 19: celle-ci doit donc élever plus d'eau à proportion que l'autre.

64. Lorſqu'on aura à puiſer l'eau d'une profondeur telle, que le poids des attirails ſurpaſſe celui requis pour produire le plus grand effet, le remède ſera facile; on augmentera la puiſſance de la quantité dont le poids des attirails ſurpaſſe celui que la formule donne, en appliquant à l'extrêmité du balancier qui eſt du côté du cylindre, un poids égal à l'excès de peſanteur des attirails ſur celle qu'ils devroient avoir, pour que la machine produiſe le plus grand effet.

65. Avant d'abandonner ces recherches, il eſt bon de faire mention d'un principe généralement reçu relativement à la machine de Savery; qui eſt que pour aider le piſton du cylindre à monter, il faut appliquer un poids à l'extrêmité du balancier qui eſt du côté des pompes, & qu'on doit régler ce poids de manière qu'il

rende uniforme la montée & la deſcente du piſton.

On a vu qu'à ſon entrée dans le cylindre la vapeur choque le piſton avec une force qui lui imprime une vîteſſe finie exprimée par $\sqrt{H-h}$ avec laquelle ce piſton commence à s'élever; comme tout poids, de quelle grandeur il puiſſe être, qu'on ſuſpendra à l'extrêmité du balancier du côté des pompes, ne commencera à tomber qu'avec une vîteſſe infiniment petite; le piſton du cylindre le devancera & n'en reſſentira d'effet, que quand par ſon accélération de vîteſſe ce poids l'aura joint dans ſa courſe. Avant cette jonction, il eſt certain & très-certain que ce poids n'aura pas la moindre influence ſur la marche du piſton du cylindre; à moins que la grandeur $H-h$ ne ſoit *zero;* ce qui n'a pas lieu dans les machines bien conſtruites.

L'idée d'attacher un poids purement dans l'intention d'aider le piſton à s'élever, ne peut être reçue pour la machine de Savery; vu que ce ſeroit vouloir diminuer l'effet de la puiſſance, que d'employer un poids pour procurer au piſton une aſcenſion dont la vapeur peut s'acquitter. S'il eſt ici indiſpenſable d'attacher un poids à la tige des piſtons, ce n'eſt point par cette raiſon: mais c'eſt pour obliger ceux-ci à s'enfoncer dans les corps de pompe: s'il eſt in-

diſpenſable que, dans ſa chûte, ce poids joigne le piſton du cylindre, ce n'eſt pas pour l'aider à monter, mais c'eſt 1°. pour que la quantité de mouvement que les piſtons des pompes auroient acquiſe au bout de leur deſcente, ne foit pas en pure perte; car pour pouvoir s'arrêter ces piſtons devroient frapper contre un obſtacle; or par leur rencontre avec le piſton du cylindre ils éteignent cette quantité de mouvement en la partageant avec ce piſton, ainſi ſans perte d'effet: 2°, pour éviter la perte du tems qui auroit lieu dans la pauſe que le piſton du cylindre ſeroit obligé de faire au haut de ſon jeu, ſi pour deſcendre il devoit attendre que la condenſation des $\frac{2}{3}$ de la vapeur ſoit effectuée.

THÉORIE
DES MACHINES
MUES PAR LA FORCE
DE LA VAPEUR DE L'EAU.

TROISIEME PARTIE.

Application de cette Théorie aux Machines à feu modernes.

LA Machine à feu de *Savery* améliorée par *Neucomen*, comme nous l'avons déjà remarqué, a ſubi divers changemens.

Ayant obſervé qu'en faiſant l'injection dans le cylindre, elle le refroidiſſoit ; que ce refroidiſſement abſorboit beaucoup de vapeur, & que pour ſuffire à cette perte il falloit de plus grandes chaudières, ce qui conſumoit plus de combuſtibles; on imagina de faire l'injection hors du cylindre, de la commuer en une flaque

d'eau qui fût contenue dans un tuyau qui communiquât au cylindre : on ſe ſervit d'abord à cet effet, du tuyau qui tranſmet la vapeur de l'alembic dans le cylindre : comme l'eau répandue dans ce tuyau ne devoit pas entrer dans le cylindre, & que pour produire une condenſation prompte, elle devoit ſe préſenter à la vapeur ſur une grande ſurface; ni la longueur, ni la poſition verticale de ce tuyau, nommé ci-devant *Collet*, ne put plus convenir: il fallut l'allonger, & l'incliner; mais ſeulement de la quantité néceſſaire pour qu'en s'y élevant dans la partie baſſe environ à la moitié de ſon diamètre vertical, l'eau ſe répandit tout du long juſqu'à près de ſon embouchure dans le cylindre, ſans pourtant y entrer: pour donner lieu à ce méchaniſme on fut obligé de déplacer le cylindre de deſſus l'alembic, & de le mettre à côté de la chaudière en l'aſſoyant ſur le rez de chauſſée: par là la cuvette d'injection ſe trouva pouvoir être abaiſſée environ à la hauteur du cylindre: le bâtiment devint moins haut & plus ſimple.

Il exiſte des machines à feu ainſi diſpoſées, mais où la colonne d'air continue à agir ſur le piſton du cylindre.

Ayant encore obſervé qu'en faiſant agir l'air ſur le piſton, la partie du cylindre où la vapeur

s'introduit, étoit à chaque impulſion refroidie par le contact de l'eau qui recouvre le piſton & plus encore par le contact immédiat de l'air qui pénètre dans cette partie en ſuivant le piſton dans ſa deſcente ; que ce refroidiſſement condenſoit, déjà à ſon entrée dans le cylindre, une grande quantité de vapeur dont la production exigeoit encore de trop grandes chaudières ; pour y remédier on imagina de fermer le cylindre hermétiquement par les deux bouts, d'en exclure l'air & de ſubſtituer à ſon action celle de la vapeur.

On mit donc le piſton du cylindre en mouvement par la ſeule vapeur, qui, comme le faiſoit l'atmoſphère, agit conſtamment ſur le piſton, & comme elle le fait à la machine ci-deſſus, s'introduit & ſe condenſe alternativement ſous lui, par le moyen d'une injection pratiquée hors du cylindre.

Ayant en outre remarqué, ſur-tout en hiver, que le contact de l'air ſur la ſurface extérieure du cylindre étoit préjudiciable au degré de chaleur dans lequel il doit être conſtamment entretenu, pour qu'il ne faſſe rien perdre de ſa force à la vapeur ; on le revêtit d'une chemiſe de maçonnerie analogue à cet effet : l'explication de la figure 14 va donner une idée nette de cette diſpoſition.

Plan. 2, Fig. 14. H eſt le cylindre, il eſt fermé hermétiquement par en haut & par en bas, ſon fond ſupérieur eſt foré circulairement par le milieu & garni d'un canon pour recevoir exactement & laiſſer gliſſer la tige X du piſton P deſtiné à jouer dans le cylindre.

A *b* eſt un tuyau qui de l'alembic placé vers A, communique au cylindre, preſqu'à fleur de tête; *m n* eſt le tuyau incliné de *n* vers *m* où ſe fait l'injection & qui par cette raiſon ſe nomme *tuyau d'injection :* une de ſes extrémités aboutit près du fond du cylindre, l'autre ſe courbe pour aller joindre la *cuvette d'injection* E.

En *m* eſt un robinet par lequel l'eau coule dans le *tuyau d'injection*, s'y éleve juſqu'à environ la moitié de la hauteur qu'a ce tuyau en *m*, & s'y étend juſqu'à près de l'embouchure *n*.

Pour que ſous le même contour ce tuyau préſente à la vapeur la plus grande ſurface d'eau, on le fait elliptique & poſé de façon que ſon grand diamètre ſoit horizontal.

A ce tuyau aboutit un autre R qui eſt le *rameau d'évacuation*, il va ſe rendre dans la citerne.

c d eſt un tuyau qui communique aux deux premiers, il eſt deſtiné à conduire la vapeur par deſſous le piſton du cylindre en la faiſant paſſer par le *tuyau d'injection*.

En *d* eſt un robinet ſervant de régulateur pour fermer & ouvrir alternativement le paſſage à la vapeur: ce robinet & celui d'injection reçoivent, comme à la machine de Savery, leurs mouvemens des reſſorts qu'une couliſſe fait jouer: on ſent bien que la différence dans la diſpoſition de ces robinets, en entraîne dans celle de ces reſſorts.

Enfin le cylindre eſt, tant en haut qu'en bas, muni d'un godet avec une ſoupape *reniflante:* la première eſt deſtinée à évacuer l'air qui s'introduit dans le cylindre lorſque la machine ne joue pas: outre cet air la ſeconde doit encore évacuer celui que l'eau d'injection entraîne avec elle & qui s'en dégage.

Ce méchaniſme bien entendu, voyons le jeu de cette machine.

Lorſque la machine ne joue pas, le poids des attirails des pompes tient le piſton du cylindre élevé au plus haut point de ſon jeu, qui ne doit pas atteindre l'orifice *b* du tuyau A *b*.

Lorſqu'on veut faire jouer la machine, après avoir rempli la chaudière, allumé le feu &c., on ouvre le régulateur au cas qu'il ſoit fermé; la vapeur s'introduit en même tems & dans le haut du cylindre par le tuyau A *b* & dans le bas par ceux A *c d m n*, s'y met en équilibre par deſſus & par deſſous le piſton, & chaſſe

par les ſoupapes reniflantes l'air qui étoit dans le cylindre.

Lorſque la ventouſe donne au conducteur le ſignal de faire jouer la machine, alors d'une main il prend le régulateur & de l'autre le robinet d'injection, il ferme le premier, enſuite ouvre le ſecond: la vapeur de l'alembic n'ayant alors plus de communication avec celle qui occupe l'eſpace qui eſt au deſſous du piſton, celle-ci ſe condenſe par ſon contact avec l'eau qui s'étend dans le tuyau *m n*, & le vuide ſe fait ſous le piſton; dès lors la vapeur qui eſt au deſſus de lui, faiſant les mêmes fonctions que l'air à celle de Savery, preſſe ce piſton, l'oblige à deſcendre & le ſuit; ayant la facilité de le faire, vu que la communication de l'alembic avec le haut du cylindre n'eſt jamais interrompue.

Dès que le piſton eſt deſcendu juſqu'à près de l'orifice *n*, la couliſſe fait fermer le robinet d'injection & enſuite ouvrir le régulateur: la vapeur qui occupe l'eſpace H *v b* A *c d*, trouvant la communication, au tuyau d'injection, ouverte, y paſſe, y foule l'eau, l'obligeant à ſe rendre par le rameau d'évacuation R dans la citerne: de ce tuyau la vapeur entre dans le cylindre où ſe mettant de nouveau en équilibre avec celle qui eſt au deſſus du piſton, ce

lui-ci entraîné par le poids des attirails monte; la vapeur qui eſt au deſſus de lui, cédant, vient par les tuyaux *b c d n* remplir l'eſpace qu'il laiſſe deſſous lui: de façon que pendant le jeu d'aſcenſion du piſton la dépenſe de vapeur ne conſiſte qu'en ce qui eſt abſorbé par le refroidiſſement du tuyau d'injection par lequel elle paſſe: ce jeu une fois commencé ſe continue ſans interruption.

Outre la ſupériorité de cette nouvelle diſpoſition ſur les précédentes, il reſtoit encore quelque choſe à déſirer: la vapeur étant obligée de paſſer par le tuyau d'injection pour ſe rendre dans le cylindre, s'abſorboit en grande partie à ſon paſſage par ce tuyau refroidi par l'injection d'eau froide qui s'y répand à chaque impulſion: pour porter la machine à une plus grande perfection, on ſentit qu'il reſtoit à remédier à cet inconvénient: on rechercha d'abord les moyens de faire prendre à la vapeur une autre route; à cet effet on imagina de la conduire dans le cylindre par un tuyau vertical *b i* qui deſcendant le long du cylindre y débouchât en *p*: à cet effet on déplaça le tuyau *c d*, on le mit en *b i*, & au lieu d'être en *d* le régulateur ſe trouva être en *i*.

Ce changement obligea à pluſieurs autres; 1°. il fallut empêcher la vapeur qui s'introduit

ſous le piſton, de communiquer avant le tems au tuyau d'injection; c'eſt à quoi on parvint en plaçant un robinet *o* près de l'embouchure *n* de ce tuyau. 2°. La vapeur ne foulant plus l'eau qui a ſervi à l'injection, il fallut ſonger aux moyens d'évacuer cette eau.

A cet effet, au ſommet du tuyau R on mit une ſoupape *m* qui laiſſa à l'eau d'injection le paſſage libre de *m* vers *q*, mais lui interdit le retour : à ce tuyau on appliqua un piſton *q* ſans ſoupape, qui joua de concert & dans le même ſens que celui des pompes; en outre on lui ajouta d'un côté le petit bout de tuyau *s* garni d'un godet & de ſa ſoupape, deſtiné à remplir d'eau la partie de tuyau *m q* qui eſt entre la ſoupape *m* & le piſton *q*, lorſqu'on veut faire jouer la machine; de l'autre côté on y plaça le tuyau 1 qui ſe diviſe en deux autres 2, 3, dont l'un 2 va nourrir la chaudière, & l'autre 3 conduit le ſuperflu de l'eau d'injection dans la citerne; enfin on mit en *v* une ſoupape qui laiſſe paſſer l'eau du rameau R dans celui 1, mais lui refuſe le retour.

Pour concevoir le jeu de la machine ainſi diſpoſée, ſuppoſons qu'après avoir rempli la chaudière & la cuvette d'injection, on aye, comme à l'ordinaire, allumé le feu, puis ouvert le régulateur : le piſton de la pompe & auſſi

celui d'évacuation étant au bas de leur jeu, l'eau de la chaudière remplira les tuyaux 2, 3 & 1; on remplira l'eſpace R du rameau d'évacuation en y faiſant entrer de l'eau par le godet *s* dont la ſoupape doit à cet effet être un peu plus élevé que celle *m*. Les robinets *m*, *o* étant fermés : dès que la ventouſe donnera au conducteur le ſignal qu'il eſt tems de faire jouer la machine, alors d'une main il fermera le régulateur *i*, & de l'autre il lâchera la détente qui ouvrira les deux robinets *m*, *o* en même tems; dès ce moment la vapeur entrera d'un côté *n* dans le tuyau d'injection, en même tems que l'eau y entrera de l'autre pour condenſer cette vapeur, ce qui donnera lieu à la deſcente du piſton du cylindre : pendant cette deſcente, ceux des pompes & du rameau d'évacuation monteront, celui-ci refoulant l'eau qui eſt dans le rameau d'évacuation la fera paſſer par les tuyaux 1, 2 & 3.

Le piſton du cylindre arrivé au bas de ſon jeu, la couliſſe fermera d'abord les deux robinets *m*, *o* en même tems, puis ouvrira le régulateur *i*, alors le piſton du cylindre montera & celui de la pompe & du rameau d'évacuation deſcendront : lorſque celui-ci deſcend, n'y ayant ni air ni vapeur dans le tuyau d'injection : l'eau qui s'y trouve n'eſt ſollicitée que par ſa

peſanteur à ſuivre le piſton évacuateur : comme la direction verticale du rameau R & l'inclinaiſon du tuyau d'injection vers ce rameau permettent à la force de peſanteur d'opérer, l'eau d'injection ſuivra le piſton d'évacuation dans ſa deſcente, ainſi elle paſſera par la ſoupape *m*, & ira remplir le rameau R : pendant ce tems le piſton du cylindre ſera parvenu au haut de ſon jeu, la couliſſe fermera le régulateur, puis ouvrira les deux robinets *m*, *o* : & la machine continuera à jouer (*o*).

(*o*) Comme il ſeroit très-avantageux ſi l'on pouvoit faire des machines à feu ſans balancier, vu qu'outre leur dépenſe, celle de la hauteur & de la ſolidité qu'ils exigent que l'on donne à la tour, on épargneroit encore la force néceſſaire à les mouvoir : nous allons donner une eſquiſſe des moyens d'obtenir ce but.

On approchera toute la machine aſſez près de la pompe ; pour que le cylindre aboutiſſe directement au deſſus de celle-ci & puiſſe y être, ou ſuſpendu comme à la machine de Savery, ou qu'on puiſſe le poſer ſur un plancher ou une voûte bâtie au deſſus de cette pompe : enſuite on arrangera les choſes de façon que le méchaniſme qui a lieu dans le cylindre, devienne l'inverſe du précédent : à cet effet du bas où étoit le tuyau d'injection, on le portera au haut du cylindre, de façon qu'il aboutiſſe au deſſous du fond ſupérieur ; la tige du piſton du cylindre ira paſſer par le fond inférieur pour joindre le piſton de la pompe auquelle elle

Les changemens arrivés aux machines à feu, exposés: faisons maintenant voir que la théorie contenue dans la seconde partie, est adaptable à toutes ces différentes dispositions. Pour remplir parfaitement ce but, faisons-en l'application à la dernière qui est la plus parfaite: à cet effet suivons, mais en abrégé, le même ordre que nous avons observé dans la seconde partie; ainsi commençons par les pompes.

---

sera commune: par cet arrangement l'injection se fera au dessus du piston du cylindre, & la vapeur agissant par dessous lui, le soulevera en même tems que celui de la pompe: arrivé au haut de son jeu, la vapeur se remettant en équilibre au dessus & au dessous du piston, le poids des attirails le fera redescendre. Quant à la coulisse nécessaire pour mouvoir les ressorts & détentes, on pourra la faire jouer en se conservant à cet effet un petit balancier, ou une roue dont un côté sera par une chaîne attaché à la tige du piston & en recevra le mouvement dans un sens, tandis que le poids de la coulisse suspendue de l'autre côté, le lui procurera de l'autre sens.

M'étendre ici sur les détails rélatifs à cet arrangement, ce seroit sortir des bornes que je me suis prescrites: d'ailleurs avec un peu de réflexion toutes personnes douées d'un peu de génie & versées dans les méchaniques, sur-tout celles des machines à feu, feront à même d'appercevoir les modifications rélatives à cette disposition.

Des Pompes.

Pour puiſer l'eau avec le plus grand effet, la tige du piſton de la pompe doit, comme on l'a démontré, être chargée d'un poids exprimé par $\sqrt{P\,m} - p$:

Ce principe, étant abſolument indépendant de l'arrangement des parties de ces machines, eſt invariable; la ſeule choſe qu'il y ait à remarquer eſt, qu'à cylindre & corps de pompe égaux, cette expreſſion donne, pour la machine de Savery, une moindre valeur que pour celle que nous venons de décrire : parce que outre les mêmes réſiſtances à vaincre qu'à la machine de Savery, à celle-ci, le poids des attirails a encore à élever le piſton du cylindre, celui du rameau d'évacuation & à y fouler l'eau.

Le poids du piſton évacuateur doit être ſupérieur à celui d'une colonne d'air qui auroit pour baſe celle de ce piſton & pour hauteur celle de l'atmoſphère, parce que quand la condenſation opére le vuide dans le tuyau d'injection, ce piſton n'a d'autre aide que ſon poids pour, dans ſa deſcente, vaincre la preſſion de l'atmoſphère.

Du Cylindre.

Les raiſonnemens qui ont ſervi à déterminer

la proportion que doit avoir le diamètre du cylindre au poids que la machine doit élever, étant indépendants de la nature de la puiſſance qui agit ſur le piſton du cylindre, le principe établi à ce ſujet eſt le même pour tous les cas : conſéquemment, ſoit que l'atmoſphère agiſſe ſur le piſton du cylindre, ou qu'à ſon action l'on ſubſtitue celle de la vapeur, la preſſion de celle-ci ſur ce piſton ſera toujours ſoumiſe au principe établi; ainſi devra être de moitié plus forte que celle néceſſaire à l'équilibre.

Si la vapeur doit opérer ſur le piſton, de façon que parvenu au bas de ſon jeu il en ſoit auſſi preſſé qu'il le ſeroit par l'atmoſphère, les machines qui devront produire des effets égaux devront avoir un cylindre d'un égal diamètre, quelle que ſoit leur diſpoſition.

De l'Alembic.

La vapeur agit ici ſur le piſton du cylindre de la même façon qu'elle agit deſſous à la machine de Savery; à jeu & diamètre de piſtons égaux, le jeu du piſton laiſſe à la vapeur le même eſpace pour s'étendre dans le cylindre de chacune de ces machines, l'on peut donc y appliquer les mêmes raiſonnemens que l'on a expoſés dans la théorie à ce ſujet; il ne s'agit

que de transformer les mots de montée du piſton, en deſcente: réciproquement changer ceux de deſcente en montée ; ainſi on dira, la force qu'a la vapeur dans l'alembic au moment où le piſton deſcend, eſt à la force de cette vapeur étendue dans le cylindre, lorſque le piſton eſt au bas de ſon jeu, en raiſon inverſe des eſpaces qu'elle occupe: comme le premier, troiſième & quatrième terme de cette proportion ſont connus, & qu'après être réſulté de cette proportion le ſecond doit ſe faire égal à la preſſion de l'atmoſphère, cela donne la même équation que l'on a trouvé dans la théorie, pour exprimer la capacité de l'alembic.

De la Chaudière.

La vapeur ne ſouffrant plus de perte lorſqu'elle ſe porte ſous le piſton, on économiſe tout ce que le refroidiſſement du cylindre & du tuyau d'injection abſorboit, & on a beſoin de chaudières moindres ; mais de ce que les chaudières doivent être moins grandes dans les machines de cette dernière diſpoſition qu'à celle de Savery, il ne s'enſuit pas que leur diamètre doive ſe déterminer par des raiſonnemens diſſemblables à ceux expoſés dans la théorie: la marche des opérations reſte tou-

jours la même, il n'y a que l'expérience qui doit ſervir de baſe qui devient différente; car à la place de la chaudière qu'on a trouvé convenir à une machine de Savery de 44 pouces de diamètre, il faut ſubſtituer la grandeur de chaudière que l'expérience montre convenir à ces nouvelles machines, pour un cylindre d'un diamètre donné quelconque; & de ce fait partir pour, en ſuivant les mêmes raiſonnemens, déterminer avec juſteſſe le diamètre des chaudières des machines de quelle grandeur de cylindre elles puiſſent être (*p*).

(*p*) S'il n'étoit ici queſtion que de déterminer la quantité de vapeur qu'une ſurface d'eau échauffée à un degré donné, produit dans un tems auſſi donné, l'expérience pourroit s'en faire en petit: mais outre la vapeur néceſſaire à remplir l'eſpace qui eſt dans le cylindre, la chaudière devant encore produire celle qui ſe perd par la tranſpiration de l'alembic & des différens tuyaux par où elle paſſe, pour déterminer la grandeur de chaudière qui dans ce tems donné fournit la vapeur que cette dépenſe exige, il faut faire l'expérience en grand.

Puiſque nous ſommes ſur le chapitre des expériences, faiſons remarquer qu'en fait de machines à feu, les expériences en petit faites ſur des modeles, ne peuvent pas faire juger de l'effet de ces machines en grand: à cet effet ſuppoſons qu'on aye un modele de machine à

De l'Injection.

Si à cette machine la ſurface que l'eau injectée préſente à la vapeur, eſt la même qu'à celle de Savery, il eſt clair que les quantités d'eau injectée devront être les mêmes dans les deux

---

feu bien proportionné, dont le piſton aye par exemple 3 pouces de diamètre & 6 de jeu, l'alembic 4 pouces de haut & 12 de diamètre à ſa baſe: ſi l'on demande que doit ſignifier ce modele? l'on répondra ſans doute, que s'il eſt parfait il montre en petit ce que la machine fera en grand, & qu'en en conſtruiſant une ſur une plus grande échelle & ſur les mêmes proportions, cette grande machine aura un jeu ſemblable à celui du modele: or cette réponſe n'eſt point juſte, & on va le démontrer.

Faiſons ſur ce modele une machine en grand, & au lieu de la faire ſur une échelle quelconque (ce qui pourroit donner au piſton du cylindre un jeu tout à fait diſproportionné à celui que la commodité de la conſtruction & divers autres égards ont fixé convenable) pour favoriſer les partiſans des modeles, conſentons à combiner la grandeur de cette échelle, de façon que le jeu du piſton de la grande machine ne ſoit que de 6 pieds : à cet effet prenons une échelle 12 fois plus grande que celle du modele.

Le cylindre aura donc 36 pouces de diamètre, l'alembic 4 pieds de haut, & ſa baſe ou le diamètre de la

cas : or c'eſt à l'expérience à faire connoître quelle eſt la quantité d'eau & quel ſont les diamètres du tuyau d'injection qui ſatisfont à cet objet : ceci reconnu, on tablera ſur ce donné pour (comme nous l'avons fait) déterminer ce qui doit avoir lieu pour toute autre machine d'un cylindre quelconque.

---

chaudière y compris les rebords 12 pieds : ne paſſons pas plus loin, ces dimenſions ſont déjà ſuffiſantes pour prouver que ſi le modele eſt parfait, cette machine en grand ne vaudra rien.

L'eſpace que le piſton laiſſe derrière lui dans le cylindre en cédant à la vapeur qui le preſſe, étant dans les machines ſemblables en raiſon des cubes de dimenſions homologues ; cet eſpace dans la machine en grand, ſera à celui dans la machine en modele ; comme le cube de 12 eſt à celui de 1, c'eſt-à-dire comme 1728 : 1.

La machine en grand dépenſant 1728 fois plus de vapeur que celle en modele, pour être auſſi parfaite que celle en modele, la chaudière de cette grande machine devroit donc auſſi produire 1728 fois plus de vapeur que celle du modele, & pour cela il faudroit que les ſurfaces de ces chaudières fuſſent entr'elles en raiſon des cubes des diamètres du cylindre ; mais ces chaudières étant ſemblables ne ſont entr'elles que dans la raiſon des quarrés de leur diamètre, qui eſt ici la même que celle des quarrés du diamètre de leur cylindre ; donc la ſurface de la chaudière de la machine en grand ſera trop petite, d'autant de fois que le quarré de ſon

Des Soupapes, du Réſervoir proviſionnel & de la Citerne.

Les ſoupapes ayant à ces machines modernes les mêmes fonctions à remplir qu'à celle de Savery, ſont ſoumiſes aux mêmes loix : comme il en eſt de même du réſervoir proviſionnel & de la citerne ; il s'enſuit que la théorie expoſée dans la ſeconde partie, eſt générale & convient à toutes les différentes diſpoſitions ci-deſſus, moyennant quelques légères modi-

---

diamètre eſt contenu dans le cube de celui-ci : donc le jeu & la dépenſe en combuſtible d'une machine parfaite en petit mene à une fauſſe concluſion & pour le jeu & pour la dépenſe en combuſtible de la machine en grand.

Ceci prouve évidemment que pour être parfaites, une machine en petit & une autre en grand ne ſauroient être ſemblables : & que tout jugement fondé ſur une ſimilitude eſt dans ce cas erroné. Ceci auroit également lieu, ſi ayant une machine en grand parfaite on vouloit en faire une petite en faiſant chaque partie de celle-ci la même partie aliquote de celles correſpondantes de la grande ; le modele ſeroit défectueux quand à l'effet ; d'où il réſulte que dans ce cas un modele ne peut ſervir qu'à faire voir & l'arrangement & les dimenſions de la machine en grand ; mais il ne doit pas jouer, & s'il joue, ſon effet ne pourra donner une idée analogue de celui de la machine en grand.

fications que ces différences ſuggèrent à toutes perſonnes, tant ſoit peu au fait de l'application des mathématiques & bien inſtruites du méchaniſme des machines à feu (*q*).

Avant d'abandonner ce ſujet, expoſons en abrégé les loix ſuivant leſquelles doivent être proportionnées les parties des machines à feu dont le jeu du piſton & le nombre d'impul-

---

(*q*) Il eſt encore de ces machines où la partie inférieure du cylindre eſt munie d'un tuyau d'aſpiration, & fait l'office de corps de pompe; le piſton s'y trouve ſouſtrait à l'action immédiate de l'atmoſphère & ſoumis à celle de la vapeur: celle-ci s'y condenſe par deſſus le piſton au moyen d'une injection faite dans le haut du cylindre, ce qui y produit le vuide: celui-ci donne lieu à l'atmoſphère qui preſſe ſur la ſurface extérieure de l'eau dans laquelle le tuyau d'aſpiration plonge, de faire monter cette eau juſque dans la partie inférieure du cylindre d'où elle eſt enſuite foulée par la vapeur: telle eſt à peu près la machine de Papin. On renvoie ceux qui voudront en prendre une connoiſſance plus ample à l'architecture hydraulique de Bélidor, Tom. II, Liv. IV, Chap. III, pag. 328: ne croyant pas devoir s'étendre davantage ſur une diſpoſition ſi défectueuſe; chacun appercevant que l'eau froide & la vapeur occupant alternativement une même partie de cylindre, celui-ci ſe refroidit à chaque impulſion, ce qui abſorbe une très-grande quantité de vapeur: auſſi cette machine produit-elle peu d'effet.

ſions ſont les mêmes, ce qui fait l'objet de la remarque ſuivante.

REMARQUE.

Pour être générales, les formules établies dans cette théorie, ayant dû embraſſer un jeu & un nombre d'impulſions quelconque, à cauſe des expreſſions néceſſaires à cette généralité, n'ont pu être réduites à une plus grande ſimplicité: mais ſi, d'après ces principes, parvenus à conſtruire une machine à feu parfaite, qui donne un certain nombre d'impulſions & dont le piſton aye un certain jeu, on vouloit ſavoir dans quelles proportions devroient être entre elles les parties de même nom de machines d'une grandeur quelconque, pour qu'elles donnaſſent le même nombre d'impulſions & que leur piſton aye le même jeu; alors le diamètre du corps de pompe une fois fixé rélativement à la quantité d'eau qu'il doit fournir, le poids des attirails déterminé & le diamètre du cylindre aſſigné ſuivant les principes établis à ce ſujet; les rapports que les autres parties doivent avoir avec le diamètre du cylindre, deviennent extrêmement ſimples. Car dans ce cas les diamètres des chaudières y compris leur rebord, ceux des tuyaux *b* A, *b i*, *n m*, & R,

doivent être entr'eux comme les diamètres des cylindres reſpectifs : les quantités d'eau injectées doivent être entr'elles en raiſon des quarrés de ces diamètres : les hauteurs des alembics & profondeurs des chaudières reſtent immuables & toujours les mêmes (*r*).

(*r*) En effet, en jouant, les piſtons de différens diamètres laiſſent dans leur cylindre des eſpaces qui ayant la même hauteur, ſont entr'eux comme les ſurfaces de ces piſtons : pour être remplis de vapeur, ces eſpaces devant aboutir à des chaudières d'une ſurface proportionnée à cet effet, celles-ci doivent donc être entr'elles en même raiſon que les ſurfaces des piſtons des cylindres reſpectifs ; mais au lieu de ces ſurfaces on peut prendre le quarré de leur diamètre, & au lieu de ceux-ci les diamètres mêmes ; donc les chaudières doivent avoir entre leur diamètre le même rapport que les cylindres ont entre les leurs. La même choſe peut aiſément ſe démontrer pour les tuyaux *b* A, *h i*, dont la longueur étant fixe auſſi bien que celle du jeu du piſton, leur diamètre devant laiſſer à la vapeur un paſſage proportionné au diamètre du piſton, doivent conſerver le même rapport avec celui-ci.

Quant à l'eau injectée, celle-ci devant être proportionnée à l'eſpace qu'occupe la vapeur dans le cylindre & cet eſpace étant proportionné aux quarrés des diamètres des cylindres, la quantité d'eau à injecter devra donc ſuivre cette proportion.

Enfin pour ce qui eſt de l'alembic, ſa capacité devant toujours être en raiſon des eſpaces que la vapeur doit

Dans les machines à feu ſemblablement diſpoſées, qui ont un même jeu de piſton, & qui donnent le même nombre d'impulſions, il y a donc entre le diamètre de leur cylindre & celui des autres parties des rapports tous différens : certaines parties (*s*) ayant au diamètre du cylindre un rapport toujours variable : d'autres (*t*), un rapport conſtant qui pour quelques-unes d'entr'elles eſt celui des diamètres (*u*) & pour les autres celui des quarrés ; enfin les reſtantes (*v*) conſervant les mêmes dimenſions.

---

occuper dans le cylindre, comme ces eſpaces ont une hauteur fixe & leur baſe en raiſon des ſurfaces des piſtons, les baſes des alembics étant entr'elles dans cette raiſon, leur hauteur devra donc auſſi être fixe.

On ne s'arrêtera pas à faire voir que la hauteur du cylindre & la profondeur de la chaudière doivent être fixes, chacun appercevant les raiſons qui y obligent.

(*s*) Tels ſont les diamètres des pompes & le poids des attirails : les premiers variant ſelon les différentes hauteurs auxquelles on veut élever l'eau, & ces derniers en raiſon des réſiſtances à vaincre.

(*t*) Telles ſont les chaudières & les tuyaux *b* A, *h i*, *n m*, R.

(*u*) Telles ſont les quantités d'eau injectées.

(*v*) Ces dernières ſont la hauteur du cylindre, celle de l'alembic, la profondeur de la chaudière & les autres tuyaux.

Planche II.

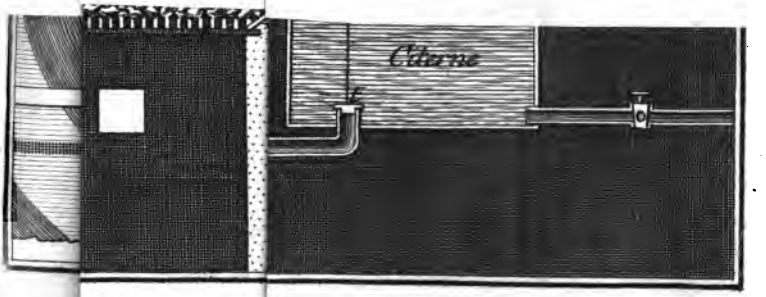
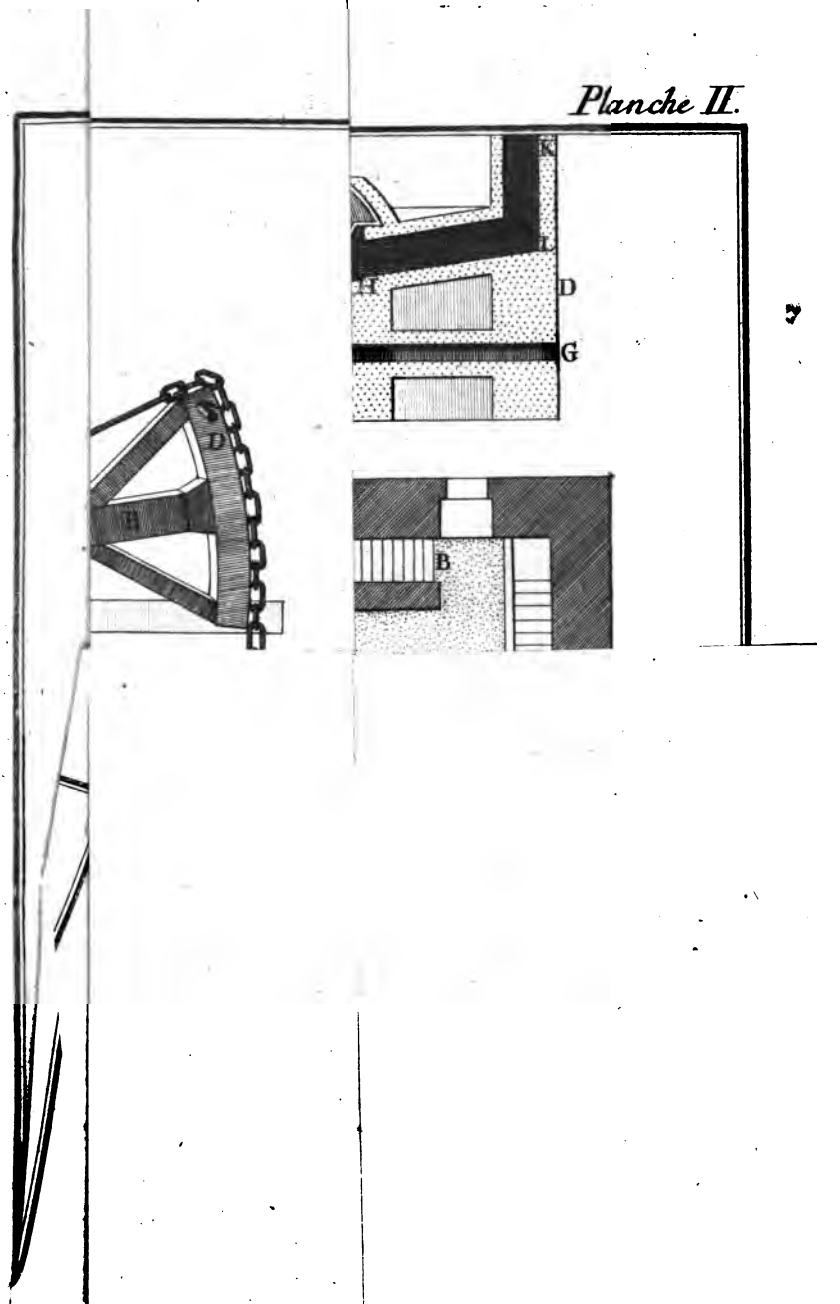


Planche II.



Il étoit néceſſaire de déterminer ces différens rapports, d'aſſigner les cas où ils ont lieu: c'eſt l'objet qu'a rempli la théorie expoſée.

F I N.

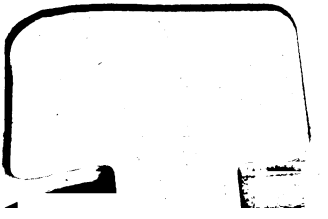
25 - 2688 - 27.50

25 - 2680 - 2750

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.



Eng 2697.84
Theorie des machines mues par la f
Cabot Science
005927541
3 2044 091 994 699